

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-340149

(43)Date of publication of application : 10.12.1999

(51)Int.Cl.

H01L 21/205  
C23C 16/50  
C23F 4/00  
H01L 21/3065  
H05H 1/46  
// C23C 14/54

(21)Application number : 10-147672

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 28.05.1998

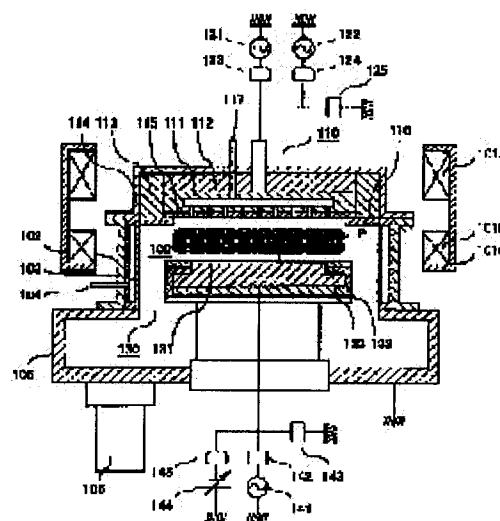
(72)Inventor : MASUDA TOSHIO  
TAKAHASHI NUSHITO  
SUEHIRO MITSURU  
KAJI TETSUNORI  
KANAI SABURO

## (54) SYSTEM AND METHOD FOR PLASMA TREATMENT

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a plasma treatment system capable of maintaining a process repeatability and reliability by low cost over a long period of time by controlling a temperature inside of a reactor and a deposition of a reaction product on a wall of the reactor without causing any historical change in an etching characteristic.

**SOLUTION:** In a plasma treatment system treating a wafer W by generating plasma in a treatment chamber with an interaction between electromagnetic wave radiated from an UHF band antenna 110 provided in a treatment chamber 100 and magnetic field formed by a magnetic field forming means 101 provided about the periphery of the treatment chamber 100, a jacket 103 is removably held on a side wall 102 of the treatment chamber 100 and a temperature on an internal surface of the side wall is constantly controlled to sufficiently lower temperature than that of the wafer. The composing components, a ring 116 and a sample stand 132, capable of being applied by bias voltage in the reactor are structured so that the bias voltage is partially applied and a heat capacity of all the components is extremely made small.



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]A vacuum treatment chamber.

A plasma generator.

A raw gas feeding means which supplies gas to a processing chamber.

An electrode holding a sample processed in this vacuum treatment chamber.

A vacuum pumping system which decompresses this vacuum treatment chamber.

Are the plasma treatment apparatus provided with the above, and at least one or more kinds of gas of presentation that a polymerization film is formed in said raw gas of plasma discharge is included, The 1st [ at least / or more ] page of an internal surface which plasma-izes said raw gas by plasma discharge in said processing chamber, and touches plasma inside said processing chamber, or the surface of an internal component, It controls to prescribed temperature lower than temperature of said sample processed, and a firm polymerization film is made to form in said processing chamber internal surface.

[Claim 2]A plasma treatment apparatus making temperature of said processing chamber internal surface into prescribed temperature lower not less than 5 \*\* than temperature of said sample, and controlling it by accuracy of less than \*\*10 \*\* in the plasma treatment apparatus according to claim 1.

[Claim 3]A plasma treatment apparatus making temperature of said processing chamber internal surface into prescribed temperature lower not less than 20 \*\* than temperature of a sample, and controlling it by accuracy of less than \*\*10 \*\* in the plasma treatment apparatus according to claim 1.

[Claim 4]A plasma treatment apparatus making temperature of said processing chamber internal surface into prescribed temperature of 0 \*\* or more a field 100 \*\* or less, and controlling it by accuracy of less than \*\*10 \*\* in the plasma treatment apparatus according to claim 1.

[Claim 5]A plasma treatment apparatus making temperature of said processing chamber internal surface into prescribed temperature of not less than 20 \*\* a field 80 \*\* or less, and controlling it by accuracy of less than \*\*10 \*\* in the plasma treatment apparatus according to claim 1.

[Claim 6]A plasma treatment apparatus process pressure of said processing chamber being 0.1 Pa or more 10 Pa or less in a plasma treatment apparatus of a statement at claims 1 thru/or 5.

[Claim 7]A plasma treatment apparatus process pressure of said processing chamber

being 0.5 Pa or more 4 Pa or less in a plasma treatment apparatus of a statement at claims 1 thru/or 5.

[Claim 8]A plasma treatment apparatus making into an exchangeable structure a member which constitutes said processing chamber internal surface in a plasma treatment apparatus given in claims 1 thru/or 7.

[Claim 9]A plasma treatment apparatus including a treatment process which controls growth of a polymerization film formed in said processing chamber internal surface in a plasma treatment apparatus given in claims 1 thru/or 8.

[Claim 10]A vacuum treatment chamber.

A plasma generator.

A raw gas feeding means which supplies gas to a processing chamber.

An electrode holding a sample processed in this vacuum treatment chamber.

A vacuum pumping system which decompresses this vacuum treatment chamber.

At least one or more of the wall component parts which are the plasma treatment apparatus provided with the above, and touch plasma inside said processing chamber.

It constitutes so that surface area which bias is impressed to at least a part of component side concerned, makes calorific capacity of the parts concerned small enough, and touches plasma of the part concerned may be made small.

[Claim 11]A plasma treatment apparatus making temperature of said wall component parts into the not less than 100 \*\* range of 250 \*\* or less in the plasma treatment apparatus according to claim 10.

[Claim 12]A plasma treatment apparatus making temperature of said wall component parts into the not less than 150 \*\* range of 200 \*\* or less in the plasma treatment apparatus according to claim 10.

[Claim 13]A plasma treatment apparatus process pressure of said processing chamber being 0.1 Pa or more 10 Pa or less in a plasma treatment apparatus of a statement at claims 11 thru/or 12.

[Claim 14]A plasma treatment apparatus process pressure of said processing chamber being 0.5 Pa or more 4 Pa or less in a plasma treatment apparatus of a statement at claims 11 thru/or 12.

[Claim 15]A plasma treatment apparatus, wherein shape of said wall component parts is ring shape in a plasma treatment apparatus given in claims 11 thru/or 14 and surface areas which touch plasma of the part concerned are 20% or less of whole surface products of said processing chamber wall.

[Claim 16]A plasma treatment apparatus, wherein shape of said wall component parts is ring shape in a plasma treatment apparatus given in claims 11 thru/or 15, the thickness is 6 mm or less and an inside diameter is more than a diameter of a sample.

[Claim 17]A plasma treatment apparatus constituting so that an infrared light absorber may be formed in the plasma treatment apparatus according to claim 10 near the side which touches plasma of said wall component parts, and controlling temperature of the parts concerned by an infrared irradiation means remotely.

[Claim 18]A plasma treatment apparatus making temperature of said wall component parts into prescribed temperature of the not less than 100 \*\* range of 250 \*\* or less, and adjusting it in accuracy of less than \*\*10 \*\* in the plasma treatment apparatus according to claim 17.

[Claim 19]A plasma treatment apparatus making temperature of said wall component parts into prescribed temperature of the not less than 150 \*\* range of 200 \*\* or less,

and adjusting it in accuracy of less than \*\*10 \*\* in the plasma treatment apparatus according to claim 17.

[Claim 20]A plasma treatment apparatus characterized by a plasma generator being either an owner magnetic field UHF band electro-magnetic-radiation method, a magnetron method, a parallel plate method or an inductive-coupling method in a plasma treatment apparatus given in claims 1 thru/or 19.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a suitable plasma treatment apparatus and plasma processing method to start a plasma treatment apparatus and a disposal method, especially form the detailed pattern in a semiconductor manufacturing process.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the semiconductor manufacturing process, the plasma treatment apparatus is widely used, for example in micro-processing processes, such as membrane formation, etching, and ashing. It performs predetermined processing by exhausting a volatile resultant while the process by plasma treatment plasma-izes the process gas introduced into the inside of a vacuum chamber (reactor) by a plasma generation means, is made to react on the semiconductor wafer surface and performs micro processing.

[0003] In this plasma treatment process, a reactor wall, the temperature of a wafer, or the piling state of the resultant to a wall has big influence on a process. If the resultant deposited on the inside of a reactor exfoliates, it will become a cause of raising dust and will lead to degradation of an element characteristic, or the fall of the yield.

[0004] For this reason, in a plasma treatment apparatus, in order to keep a process stable and to control generating of a foreign matter, it is important to control deposition of a resultant on the temperature and the surface inside a reactor.

[0005] For example, to JP,8-144072,A. In order to raise the selection ratio in the dry etching process of silicon oxide, The dry etching system which carries out control maintenance of the temperature of each part inside a reactor in the accuracy of less than \*\*5 \*\* at the not less than 150 \*\* high temperature value of 300 \*\* or less (desirably not less than 200 \*\* 250 \*\* or less) higher not less than 150 \*\* than the temperature of an etching stage is indicated. Thus, by carrying out heating control of the temperature of each part of a reactor inner surface to an elevated temperature, the coating weight of the plasma polymer to a reactor inner surface decreases, the coating weight of the plasma polymer to a semiconductor wafer top increases, and a selection ratio improves.

[0006] In a parallel plate type plasma treatment apparatus in JP,5-275385,A, The device which provided temperature up and the heating method to maintain in the temperature at which the resultant produced by plasma treatment does not adhere to at least one side of a clamp ring (processed object holding mechanism) and a focus ring (plasma concentration means) is indicated. The resistance heating element is used as a heating method. Since adhesion of a resultant can be prevented with heating, exfoliation of a resultant and adhesion of the particle to a processed body surface are reduced.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] As mentioned above, control of deposition [ in a plasma treatment apparatus ] of a resultant in the temperature and the wall surface of a chamber internal surface is important.

[0008] However, when the temperature of a chamber internal surface and the wall surface which has a large area especially is set as an elevated temperature (200 \*\* -

not less than about 250 \*\*), etching properties become very sensitive to the temperature of a wall surface, and there is a problem that the reproducibility and the reliability of a process fall easily.

[0009]For example, In S.C. McNevin, et al., J. Vac. Sci. Technol. B 15(2) Mar/Apr1997, p.21, 'Chemical challenge of submicron oxide etching'. In inductive-coupling type plasma, if side wall temperature changes from 200 \*\* to 170 \*\*, it is shown that an oxide film dirty rate increases not less than 5%. As this reason, due to the fall of side wall temperature, more carbon comes to stick to a wall, deposition of carbon to a wafer top decreases, and what the oxide film dirty rate increased is conjectured. Thus, in order that plasma may especially interact with a reactor wall strongly by high density plasma in a high temperature region, by change of the temperature balance inside a reactor, deposition of a resultant in a wall surface and a surface presentation change will progress quickly, and will appear as change of etching properties.

[0010]In a high temperature region, the interaction of the above-mentioned plasma and a wall becomes very sensitive to a temperature change. For example, the thermodynamic expression of relations between the dirty rate by F atom of SiO<sub>2</sub> and a wall temperature is reported the case where SiO<sub>2</sub> is used as an internal-surface material, If (D. L.Flamm, et al., J. Appl. Phys., 50 and p.6211 (1979)) and this expression of relations are applied to a not less than 150 \*\* temperature range, in the degree of wall temperature, above 200 to 250 \*\*, the dirty rate increases rapidly exponentially.

[0011]Therefore, in such a high temperature region, less than \*\*5 \*\* and high accuracy are required of temperature control, for example. However, since an internal surface is exposed to high-density plasma, it is not easy to control the temperature of a wall surface by such a high temperature region with high precision. In order to realize this, a temperature detecting means and the heating method of a heater, a lamp, etc. will be used for temperature control, but the mechanism and means of temperature control will be \*\*\*\*\*. Since a resultant is not deposited on an internal surface in such a high temperature region, a wall surface is etched by plasma and exhausted. Therefore, it is necessary to exchange the parts of an internal surface periodically, and leads to a cost rise of consumable goods. Since heating takes big energy, it is not desirable from a viewpoint of energy expenditure.

[0012]The same problem is applied also about heating of a wafer and the ring of the circumference of an electrode. Although adhesion of a resultant can be prevented by heating and carrying out temperature up of the ring, heating machine styles, such as a resistance heating element, complicate an equipment configuration. Even if it can prevent adhesion of a resultant, when a ring and a wall surface are etched with plasma and it exhausts, there is a possibility that the component itself may serve as a new source of raising dust. If the parts of a ring or an internal surface are furthermore exhausted, it is necessary to exchange these periodically and will lead to a running cost rise of a device.

[0013]The one method of solving such SUBJECT is protecting a chamber internal surface in the surface coating layer by polymer. For example, to JP,7-312363,A, the temperature of the buck of a work piece (workpiece) is maintained in the state higher than the wall surface of a chamber, and the plasma etching device which makes a surface coating layer form in a chamber internal surface is indicated to it. And it is supposed that remains accumulation into the chamber of the contaminant by a resultant will be reduced by capturing and accumulating contaminant particles into a

polymer film.

[0014]However, it does not aim at protection of a wall surface in this case, and capture of contaminant particles is the purpose. The temperature at the time of making a surface coating layer form in a chamber internal surface is [ only being described as the value lower not less than 5 \*\* than a work piece (workpiece), and ], and consideration is not made about the range of temperature, and the accuracy of control. A pressure range is also a range of the high pressure force of hundreds mtorr(s) (several 10 Pa). However, membranous deposition temperatures change a membranous presentation and quality, and are conjectured to influence membranous peel strength and foreign matter generation. The temperature change of a deposited film leads to generating and exfoliation of a crack by repetition of thermal expansion and contraction, it is predicted that it becomes a cause of a foreign matter, and the accuracy of temperature control is an important factor. In the pressure range of tens of or less (several pascals or less) mtorr, it is thought by the mean free path of a raise in ion energy or a molecule becoming long that film deposition situations differ. Although it is necessary to remove the coating layer which took in the contaminant from a plasma treatment chamber wall surface and this carries out direct influence to the throughput and consumable-goods cost of a device by the above-mentioned well-known example, consideration is not made about this point.

[0015]This invention is made in order to solve above-mentioned SUBJECT, and it is a thing.

The purpose is to provide the plasma treatment apparatus which can maintain the reproducibility and the reliability of a process by low cost over a long period of time, without making etching properties produce a temporal change by controlling the temperature of \*\*, and deposition of a resultant.

[0016]

[Means for Solving the Problem]This invention persons found out that a firm coating film was formed in an internal surface, when a pressure in a reactor was a field of several pascals or less, it was a temperature sufficiently lower than a wafer and temperature of a reactor internal surface was moreover controlled to constant temperature, as a result of repeating research wholeheartedly about aforementioned SUBJECT. As a result of still more detailed analysis, this coating film, The knowledge of that polymer polymerization is progressing and that a firm stratified structure is formed by controlling temperature at the time of film formation uniformly, therefore exfoliation or damage to a membrane surface not being seen and not becoming a cause of raising dust was carried out, so that temperature at the time of film formation was low.

[0017]"It is lower [ than a wafer / enough ] fixed" is a range lower not less than 5 \*\* than a wafer, and temperature of a reactor internal surface is a desirable range low not less than 20 \*\*, and that as used in the above means controlling by accuracy of less than \*\*10 \*\*. When temperature under processing of a wafer is about 100 \*\* to about 110 \*\*, a temperature requirement means desirably 80 \*\* or less of 100 \*\* or less.

[0018]By the way, on the other hand in an inside of a reactor, a portion or component parts with difficult control in the above low temperature regions also exists. This invention persons came to find out a method of controlling deposition of a resultant on the temperature and surface, without having a complicated heating machine style like a

heating resistor, as a result of repeating examination also about such a part.

[0019]It is made based on the above-mentioned knowledge, and is a vacuum treatment chamber.

Plasma generator.

A raw gas feeding means which supplies gas to a processing chamber.

An electrode holding a sample processed in this vacuum treatment chamber.

A vacuum pumping system which decompresses this vacuum treatment chamber.

Are the plasma treatment apparatus provided with the above, and at least one or more kinds of gas of presentation that a polymerization film is formed in said raw gas of plasma discharge is included, At least a part of internal surface (or surface of an internal component) which plasma-izes said raw gas by plasma discharge in said processing chamber, and touches plasma inside said processing chamber is uniformly controlled by a temperature lower enough than a sample, A firm polymerization film is made to form in a processing chamber internal surface.

[0020]There are other features of this invention in being not less than 5 \*\* and a desirable range low not less than 20 \*\*, being less than \*\*10 \*\* in accuracy, and controlling temperature of an internal surface in which the aforementioned polymerization film is made to form rather than a sample.

[0021]There are other features of this invention in being the not less than 20 \*\* range of 80 \*\* or less desirably, being less than \*\*10 \*\* in accuracy, and controlling 0 \*\* or more 100 \*\* or less of temperature of a processing chamber internal surface in which the aforementioned polymerization film is made to form.

[0022]There are other features of this invention in 0.1 Pa or more 10 Pa or less of process pressure in the aforementioned processing chamber being 0.5 Pa or more 4 Pa or less desirably.

[0023]There are other features of this invention in making easily into an exchangeable structure a member which constitutes a processing chamber internal surface in which the aforementioned polymerization film is made to form.

[0024]There are other features of this invention in including a treatment process which controls growth of a polymerization film formed in the aforementioned processing chamber internal surface.

[0025]A raw gas feeding means by which the feature of further others of this invention supplies gas to a vacuum treatment chamber, a plasma generator, and a processing chamber, In a plasma treatment apparatus which has an electrode holding a sample processed in this vacuum treatment chamber, and a vacuum pumping system which decompresses this vacuum treatment chamber, It is in constituting so that component parts (or internal surface) which touch plasma inside the above-mentioned processing chamber may be impressed to bias by at least the part, the calorific capacity may be made small enough and the surface area may be made small.

[0026]Other features of this invention temperature of component parts which touch plasma inside the above-mentioned processing chamber, There is not less than 100 \*\* 250 \*\* or less in adjusting in [ not less than 150 \*\* ] 200 \*\* or less desirably, and it is in 0.1 Pa or more 10 Pa or less of process pressure of a processing chamber being 0.5 Pa or more 4 Pa or less desirably further.

[0027]Shape of said wall component parts is ring shape, and there are other features of this invention in surface areas which touch plasma of the part concerned being 20%



or less of whole surface products of a processing chamber wall.

[0028] Shape of component parts where bias is impressed at least to the part in contact with plasma inside the above-mentioned processing chamber is ring shape, and there are other features of this invention in the thickness being 6 mm or less, and an inside diameter being more than a diameter of a sample.

[0029] There is the feature of further others of this invention in constituting so that an infrared light absorber may be formed near the side which touches plasma of said wall component parts, and controlling temperature of the parts concerned by an infrared irradiation means remotely in the aforementioned plasma treatment apparatus.

[0030] There are other features of this invention in being the not less than 150 \*\* range of 200 \*\* or less desirably, being less than \*\*10 \*\* in accuracy, and controlling by the above-mentioned infrared irradiation not less than 100 \*\* 250 \*\* or less of temperature of parts by which temperature control is carried out.

[0031] There is the feature of further others of this invention in a plasma generator being an owner magnetic field UHF band electro-magnetic-radiation method in the above-mentioned plasma treatment apparatus.

[0032] According to this invention, a part of raw gas polymerizes by plasma discharge, and a surface coating layer by polymer is formed in the surface of a portion or parts which touch plasma of a processing chamber internal surface. And it becomes possible to form a stratified structure which polymer polymerization of this coating layer progressed and became brave by controlling temperature of a reactor internal surface by a temperature sufficiently lower than a wafer to constant temperature. Therefore, since an internal surface is etched by plasma and is not exhausted, frequency of a parts replacement of an internal surface can be reduced and a running cost fall is attained. Since neither exfoliation nor damage arises on the surface even if it is exposed to plasma, since the membranous presentation is close, this coating layer does not cause raising dust.

[0033] Since temperature of a chamber internal surface is set as a temperature range lower than a wafer, compared with a case where an internal surface is set as a not less than 200 \*\* high temperature region, an interaction of plasma and an internal surface is weak and, moreover, does not become sensitive to a temperature change. For this reason, reproducibility and the reliability of a process do not fall easily over a long period of time, and less than \*\*10 \*\* also of accuracy of temperature control may be sufficient, and it becomes possible to realize comparatively easily, without using a complicated mechanism for temperature control.

[0034] When a polymerization film exceeding a predetermined value is formed in an internal surface, it is necessary to remove this film. Exchange component parts of a processing chamber internal surface which carried out atmosphere release of not cleaning but the device and in which a polymerization film was formed in this film removal process, and a device is worked again, It is performing it to ex-situ by wet cleaning etc., after taking out membranous removal from a chamber, and reproducing an internal surface, and while reducing unoperated time of a device and not reducing a throughput, it is effective in the ability to reduce consumable-goods cost by reproduction and repeated use of parts. Time to opening and cleaning of a device can be extended by adding during processing a process of controlling growth of a polymerization film.

[0035] On the other hand, according to the feature of further others of this invention,

temperature control in a field lower enough than a wafer about a difficult portion or component parts in an inside of a reactor. Since an entire component can control to a high temperature region, without using complicated mechanisms, such as a heater and a lamp, by establishing structure where bias is impressed at least to the part, and making calorific capacity of an entire component small enough, Superfluous deposition of a resultant is controlled and a foreign matter generation accompanying exfoliation of a resultant can be reduced. By making surface area of parts small, even if it changes temperature and a surface state, influence on a process can be inhibited. By adjusting a grade of bias impressed to the above-mentioned component parts, and setting desirably not less than 100 \*\* 250 \*\* or less of temperature as the not less than 150 \*\* range of 200 \*\* or less, Since it is not sensitive to a temperature change compared with a case where it is set as not less than about 250 \*\* high temperature region, an advantage made small is on a level which a temperature change of component parts does not influence substantially to a process.

[0036] Since temperature of component parts which touch plasma can be more actively controlled by an inside of a processing chamber with high precision in a high temperature region using infrared irradiation and gas heat transfer according to the feature of further others of this invention, Superfluous deposition of a resultant is controlled, while being able to reduce a foreign matter generation accompanying exfoliation of a resultant, change of temperature or a surface state is controlled and influence on a process can be inhibited. Not less than 100 \*\* 250 \*\* or less is less than \*\*10 \*\* in accuracy desirably about temperature in the not less than 150 \*\* range of 200 \*\* or less, Since it is not sensitive to a temperature change compared with a case where it is set as not less than about 250 \*\* high temperature region by controlling, an advantage made small is on a level which does not influence substantially to a process in which a temperature change of component parts is still more detailed.

[0037]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the example of this invention is described based on a drawing. Drawing 1 shows the example which applied this invention to the plasma etching device of the owner magnetic field UHF band electro-magnetic-radiation discharge method, and is a cross section of the plasma etching device concerned.

[0038] In drawing 1, the processing chamber 100 is a vacuum housing which can attain the degree of vacuum of about 10 to 6 Torr, and has the lower electrode 130 which lays the samples W, such as a wafer, in the lower part for the antenna 110 which emits the electromagnetic waves as a plasma generation means to the upper part, respectively. The antenna 110 and the lower electrode 130 are installed in the form which is parallel and counters. The magnetic field means forming 101 which consists of the magnet coils 101A and 101B and the yoke 101C is installed in the circumference of the processing chamber 100, and a magnetic field with predetermined distribution and intensity is formed. And by the interaction of the electromagnetic waves emitted from the antenna 110, and the magnetic field formed by the magnetic field means forming 101, the raw gas introduced into the inside of a processing chamber is plasma-ized, the plasma P is generated, and the sample W is processed.

[0039] The jacket 103 which controls the temperature of a side-attachment-wall inner surface is held exchangeable at the side attachment wall 102 of the processing

chamber 100. And circulation feed of the heat carrier is carried out to the inside of the jacket 103 from the heat carrier feeding means 104, and temperature is controlled. 0 \*\* – 100 \*\*, desirably, the ranges of the temperature of a jacket are 20 \*\* – 80 \*\*, and it is controlled by accuracy of less than \*\*10 \*\*. On the other hand, evacuation of the processing chamber 100 is carried out by the vacuum pumping system 106 connected to the vacuum chamber 105, and 0.1 Pa or more 10 Pa or less of insides of the processing chamber 100 are desirably adjusted to predetermined 0.5–Pa or more process pressure of 4 Pa or less. The processing chamber 100 and the vacuum chamber 105 serve as ground potential. Excluding a heavy metal, for example, the side attachment wall 102 of the processing chamber 100 and the jacket 103 are easy to be thermal conductivity, they may perform surface treatments, such as alumite of plasma-proof nature, to the surface as non-magnetic metal materials, such as aluminum.

[0040]The antenna 110 which emits electromagnetic waves consists of the disc-like conductor 111, the dielectric 112, and the dielectric ring 113, and is held at the housing 114 as some vacuum housings. The plate 115 is installed in the field of the side which touches the plasma of the disc-like conductor 111, and the ring 116 is further installed in the periphery. The raw gas which processes etching of a sample, membrane formation, etc. is supplied with a predetermined flow and mixture ratio from the gas supply means 117, it lets the hole of a large number provided in the disc-like conductor 111 and the plate 115 pass, is controlled by predetermined distribution, and is supplied to the processing chamber 100.

[0041]The antenna power supply 121 and the antenna height cycle power supply 122 are connected to the disc-like conductor 111 via a matching network and the filter systems 123 and 124, respectively, and it is connected to a ground through the filter 125. The antenna power supply 121 supplies the electric power of the UHF band frequency of 300 MHz to 900 MHz desirably, and the electromagnetic waves of a UHF band are emitted from the antenna 110. On the other hand, the antenna height cycle power supply 122 is impressing the bias of an about 100 kHz low frequency wave or several to about 10-MHz high frequency to the disc-like conductor 111, for example, and controls the reaction in the surface of the plate 115 which touches the disc-like conductor 111. Since the plate 115 has countered with the wafer, it influences a treatment process most greatly, but it is impressing bias to this field and not making a resultant deposit on it, and a device process stabilizes it. For example, in oxide film etching using the gas of a CF system, the reaction of F radical in the surface of the plate 115 or a CF<sub>x</sub> radical is controlled by using construction material of the plate 115 as silicon, carbon, etc. of a high grade, and radical composition ratio is adjusted by it. The undersurface of the plate 115 and the distance (it is hereafter called a gap) of the wafer W shall be not less than 50 mm 120 mm or less desirably not less than 30 mm 150 mm or less.

[0042]The disc-like conductor 111 is maintained by the value predetermined in temperature by the temperature control means which is not illustrated, i.e., the heat carrier which circulates through the inside, and the skin temperature of the plate 115 which touches the disc-like conductor 111 is controlled. The ring 116 is later described in detail about this, although temperature control is heated and carried out on the bias by the antenna height cycle power supply 122.

[0043]The antenna 110 is countered and the lower electrode 130 is formed in the

lower part of the processing chamber 100. While controlling the bias which the bias power supply 141 which supplies the bias power of the range of 13.56 MHz is connected to the lower electrode 130 via a matching network and the filter system 142 from 400 kHz, and is impressed to the sample W, it is connected to a ground via the filter 143.

[0044]The lower electrode 130 carries out installation maintenance of the samples W, such as a wafer, with the electrostatic adsorber 131 on the upper surface, i.e., a sample mounting surface. As for the electrostatic adsorber 131, the dielectric layer for electrostatic adsorption (it is hereafter called an electrostatic adsorption film for short) is formed in the upper surface. and DC power supply 144 and the filter 145 for electrostatic adsorption — several 100V— the direct current voltage of several kilovolts is impressed, the Coulomb force which acts between the sample W and the electrostatic adsorber 111 via an electrostatic adsorption film is generated, and the sample W is adsorbed and held on the lower electrode 130. As an electrostatic adsorption film, the dielectric which mixed titanium oxide is used for an aluminum oxide or an aluminum oxide, for example.

[0045]In order that the sample W may control the surface reaction, the skin temperature is controlled by the temperature control means which is not illustrated by predetermined temperature. For this reason, in order to improve the heat transfer nature between the electrostatic adsorber 131 and the sample W, inactive gas, for example, helium gas, is set as a predetermined flow and pressure, and it is supplied to the lower electrode 130. Thereby, the temperature of a wafer is controlled at the best by the range of about 100 °C – 110 °C or less.

[0046]The sample table ring 132 is formed in the lateral part of the sample W of the upper surface of the electrostatic adsorber 131. Ceramics, such as SiC, carbon, silicon, and the charge of a quartz material are used for the sample table ring 132. The sample table rings 132 are the insulators 133, such as alumina, and are insulated with the electrostatic adsorber 131. It is also possible to adjust the bias application to the sample table ring 132, and to control the reaction in the surface by making a part of bias power from the bias power supply 141 reveal to the sample table ring 132 via the insulator 133, and adding to it. For example, in oxide film etching using the gas of a CF system, if construction material of the sample table ring 132 is used as the silicon of a high grade, The reaction of F radical in the surface of the sample table ring 132 or a CF<sub>x</sub> radical can be adjusted with a SUKABENJI operation of silicon, and especially the etch uniformity in a wafer peripheral part can be improved. the sample table ring 132 is heated by bias — both, although it is cooled by heat transfer gas and temperature control is carried out, this is described in detail later.

[0047]The plasma etching device by this example is constituted as mentioned above, and explains the concrete process in the case of etching silicon oxide, using this plasma etching device using drawing 1.

[0048]First, after the wafer W which is a subject of processing is carried in to the processing chamber 100 from the sample carrying-in mechanism which is not illustrated, it lays and adsorbs on the lower electrode 130. And the height of a lower electrode is adjusted if needed and it is set as a predetermined gap. Subsequently, evacuation of the inside of the processing chamber 100 is carried out by the vacuum pumping system 106. On the other hand, from the gas supply means 117, gas required for the etching process of the sample W, for example, C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>, and Ar have

predetermined flow and mixture ratio, for example, Ar flow, 300sccm and C4F8 flow 9sccm, and are supplied to the processing chamber 100 from the plate 115 of the antenna 110. Simultaneously, the processing chamber 100 is exhausted by the vacuum pumping system 106, and it is adjusted so that the inside of the processing chamber 100 may become predetermined process pressure, for example, 1 Pa. On the other hand, predetermined distribution and a strong magnetic field are formed of the magnetic field means forming 101. And the electromagnetic waves of a UHF band are emitted from the antenna 110 by the antenna power supply 121, and the plasma P is generated in the processing chamber 100 by the interaction with a magnetic field. Raw gas is made to dissociate by this plasma P, an ion radical is generated, the antenna height cycle power supply 122 and the bias power supply 141 are controlled further, and etching etc. are processed to the wafer W. And with the end of an etching process, supply of electric power and raw gas is suspended, and etching is ended.

[0049]Now, although the plasma treatment apparatus in this example is constituted as mentioned above, the temperature control of the inner surface of each part of the inside of a reactor, especially the side attachment wall 103 and the ring 116, and the sample table ring 132 and deposition control of the resultant are explained concretely.

[0050]Drawing 1 explains the side attachment wall 103 first. As already explained, the jacket 103 is held inside the side attachment wall 102 of the processing chamber 100, and temperature control is possible by a heat carrier.

[0051]The result in which this invention persons used the mixed gas system of C4F8 and Ar as raw gas for oxide film etching, and it experimented by the pressure of 2 Pa, When the temperature of a reactor internal surface was controlled in 25 to 80 \*\* which is a temperature sufficiently lower than wafer temperature (about 100 \*\*) to constant temperature in the accuracy of less than \*\*10 \*\*, it found out that a firm coating film was formed in an internal surface. Since ion energy-rich in such a pressure range of tens of or less (several pascals or less) mtorr increases, the effect of the ion assistance in film deposition increases, and it is thought that a close film is formed. When the precise and firm film was formed when side wall temperature was low, and the situation of the deposited film had high side wall temperature, it was a little coarse structure. They were the following results when the presentation (element concentration ratio) of the film deposited at the side wall temperature of 25 \*\*, 50 \*\*, and 80 \*\* was analyzed by XPS (X-ray photoelectron spectroscopy), in order to clarify this membraneous change quantitatively.

[0052]

side-wall-temperature C (%) F(%) C/F ratio 25 \*\* 45.6 51.1 0.8950 \*\* 43.9 53.8 0.8280 \*\* 40.6 58.2 0.70, so that also from this result and side wall temperature is low -- carbon -- it is rich membraneous quality. Although not shown here, it also turns out that combination of carbon is progressing from analysis of the peak for C1 s, so that side wall temperature is low, and polymer polymerization is progressing. This can surmise that it was macroscopically observed as a precise and firm film.

[0053]Since the temperature of the wall surface is controlled by accuracy of less than \*\*10 \*\* at the time of this experiment, the internal stress accompanying a temperature change does not occur during membranous deposition, but it is predicted that membrane structure becomes precise. It checked that a firm stratified structure was formed as a result of observation by an electron microscope. This film was very close and firm, and even if it made it deposit even on about 200-micron thickness in a

tentative way in a depository deposition accelerated test, peeling of the film by tape exfoliation or a rubbing test was not observed. The knowledge of high tolerance being shown also to plasma, the exfoliation or damage to a membrane surface not being seen by plasma treatment, either, and this film not causing raising dust was carried out.

[0054] Thus, the firm deposited film which heat stress does not generate inside can be formed in a reactor side-attachment-wall inner surface by controlling the temperature of a reactor internal surface by temperature sufficiently lower than wafer temperature uniformly. Since this film has sufficient plasma-proof nature and exfoliation of a resultant and adhesion of the particle to a specimen surface reduce it, it acts as a protective film of a reactor wall. Therefore, since a side attachment wall is exhausted or it is not damaged, the frequency of the parts replacement of a side attachment wall can be reduced, and it leads to the fall of a running cost. Since a side attachment wall is protected by a deposited film, it is not necessary to use ceramics, such as high SiC of plasma-proof nature, and reduction of component cost is attained. Since there will be little energy for heating of a side attachment wall and it will end if especially side wall temperature is controlled in ordinary temperature – the range of about 50 °C of abbreviation, there is an effect which leads also to energy saving. What is necessary is just to use thermally conductive good metal, for example, aluminum, as a charge of a sidewall material, excluding a heavy metal.

[0055] In the initial state in which a deposited film does not exist, since aluminum is exposed, in response to a damage, the surface may deteriorate from plasma. Then, the surface may be coated with a polymer material in order to prevent this. Or alumite treatment of the aluminum surface may be carried out, for example, and sealing may be further carried out for the detailed hole produced in alumite treatment with a polymer material. Of course, this sealing is applicable not only in the alumite treatment of aluminum. thus, the thing made to be placed between the interfaces of the aluminum surface and a deposited film by the film by polymers -- the adhesion of the aluminum surface and a deposited film -- furthermore, there is an effect carried out that it is hard to make a deposited film exfoliate. Although a film may deposit superfluously depending on a process, in this case, after wafer processing, it is using short-time plasma cleaning together and controlling membranous deposition, and membranous thickness may be kept constant.

[0056] Next, a sample table ring is explained. As the example of drawing 1 already explained, the sample table ring 132 is controlling the reaction in the surface by bias application, and can make uniform especially the etching properties in a wafer peripheral part. Although the sample table ring 132 is heated by bias at this time, in order to control deposition of the reaction in that surface, and a film, it is necessary to control impression bias and temperature. And it is desirable for control of impression bias and temperature to be possible, without building a complicated mechanism into the lower electrode incorporating the electrostatic adsorber 131. This can be embodied by balance of cooling by control, heating by bias, and gas heat transfer of disclosure bias. The sectional view (right half) of the lower electrode 130 shown in drawing 2 explains this example.

[0057] The lower electrode 130 holds the sample W with the electrostatic adsorber 131. The electrostatic adsorber 131 is insulated with the ground 135 by the insulator 134. In this example, it is considered as the structure which is made to reveal a part of bias power supplied from the bias power supply 141, and is added by installing the sample

table ring 132 via the insulator 133 to the electrostatic adsorber 131. The bias impressed can be adjusted with the thickness and construction material of the insulator 133. It is not necessary to establish the wiring structure to the sample table ring 132 inside the lower electrode 130, or to connect another bias power supply to the sample table ring 132 by considering it as such a bias application structure.

[0058]The electrostatic adsorber 131 is maintained by predetermined temperature by circulation (not shown) of the heat carrier for temperature control. And between the sample W and the surface of the electrostatic adsorber 131, the channel 136 of the gas for heat transfer (for example, helium gas etc.) is formed, and heat conduction is kept good by the gas for heat transfer being introduced. Here, in this example, the channels 136A and 136B of the gas for heat transfer are formed also between the sample table ring 132, the insulator 133, and the electrostatic adsorber 131. And a part of heat transfer gas for wafer cooling is introduced, and heat conduction in a contact portion is kept good. For this reason, heat transfer between the electrostatic adsorbers 131 with which the sample table ring 132 was maintained by predetermined temperature is kept good, and temperature is kept stable. As a result, the temperature change by the bias application to the sample table ring 132 is controlled, and the processing characteristic of the surface reaction in the sample table ring 132 or a sample can be stabilized. Simultaneously, since deposition of a resultant can be prevented by heating and the ion assistance by bias, exfoliation of a resultant and adhesion of the particle to a specimen surface are reduced.

[0059]Thus, by balance of cooling by impression, heating by bias, and gas heat transfer of disclosure bias, a sample table ring becomes controllable [ a surface reaction temperature, and film deposition ] by an easy structure, and can aim at long-term stabilization of processing, and reduction of a foreign matter.

[0060]In this example, although heat transfer was secured by the gas for heat transfer, a pyroconductivity sheet etc. may use other heat transferring means, for example.

[0061]Next, the antenna 110 is explained. As the example of drawing 1 already described, the antenna height cycle power supply 122 is connected to the disc-like conductor 111, and several to [ about 100 kHz or ] about 10-MHz bias is impressed. The temperature of the disc-like conductor 111 is maintained by the predetermined value with a heat carrier. Therefore, as for the skin temperature, the plate 115 which touches the disc-like conductor 111 is controlled while bias is impressed. Since the plate 115 has countered with the wafer, influence a treatment process most greatly, but. A process can be stabilized by impressing bias to this field, and not making a resultant deposit, but using the silicon of a high grade for the construction material of a plate further, and using the surface reaction by SUKABENJI operation.

[0062]On the other hand, the ring 116 of the peripheral part of the plate 115 is heated on the bias by the antenna height cycle power supply 122 like the plate 115, and the response of the temperature change is improved by making calorific capacity of the ring 116 small further. This is explained using drawing 3.

[0063]Drawing 3 is the example which showed the temperature control method of the ring 116. It comprises this example so that shape of the ring 116 may be made thin, the part may start the plate 115 and the thermal contact with the dielectric ring 113 or the plate 115 may decrease. In this case, if antenna height cycle electric power is impressed to the plate 115, ion will be drawn in the surface of the ring 116 like the arrow in a figure by the bias to the plate 115. In this example, since heating machine

styles, such as a heater and a lamp, are not used, there is an advantage to which a mechanism does not become complicated.

[0064]The width  $w$  of the bias application portion of the ring 116 shall be not less than 10 mm so that heating by bias can be performed efficiently. The thickness of the ring 116 shall be 4 mm or less desirably 6 mm or less, for example, in order to be effectively heated on the bias. Thus, by considering it as thin shape, the calorific capacity of the ring 116 becomes small. As a result, it becomes possible to heat desirably not less than about 100 \*\* 250 \*\* or less of the whole ring at not less than 150 \*\* 200 \*\* or less. As a result, deposition of a resultant is controlled and the foreign matter generation accompanying exfoliation of a resultant can be reduced. In this temperature requirement, since change of a surface reaction is not sensitive to a temperature change compared with not less than about 250 \*\* high temperature region, the advantage made small is on the level which the temperature change of component parts does not influence substantially to a process.

[0065]The thickness of the ring 116 is determined in balance with the rate of sedimentation of the power and frequency of antenna bias, the construction material of the ring 116, and the resultant to the ring 116, etc. so that deposition of a depository film can be controlled, the weld slag of the ring surface may be carried out and it moreover may not be exhausted with ion. As shown in the figure, except the portion to which bias is impressed, thickness may be made thin and calorific capacity of the whole ring may be made still smaller. Thus, since temperature rises with a sufficient response in short time of the initial stage of processing by making calorific capacity of the ring 116 small, the influence on a processing characteristic is small. As for the inside diameter  $d$  of the ring 116, it is desirable that it is larger than the diameter of a sample. Since the inside diameter of a reactor will be about 1.5 times of a sample, in the case of 300-mm diameter of a sample, the width  $s$  of a ring is set to about 50 to 70 mm, and the surface area becomes small enough with 20% or less as opposed to the whole reactor internal surface. Thus, by making surface area of parts small, even if it changes temperature and a surface state, the influence on a process can be inhibited. And since the ring 116 is located in a peripheral part rather than the wafer, the influence on the process becomes still smaller.

[0066]By the way, since the above-mentioned example is passive heating by plasma, a certain amount of temperature change is not avoided. In the present process, even if influence does not actualize, etching properties may be affected and, as for this change, a positive temperature control mechanism with a lamp, a heater, etc. is needed by the minuteness making of a treatment process, in this case. The example of the temperature control mechanism by lamp heating is shown in drawing 4.

[0067]In this example, some dielectric rings 113A are constituted so that bias can be impressed with the same structure 116A as the above-mentioned ring 116, Infrared light and far-infrared light are absorbed, for example, the infrared-absorption objects 151, such as alumina membrane, are formed in the side still nearer to the plasma of the dielectric ring 113A. And infrared light and far-infrared light are emitted from the infrared radiation means 152, the infrared transmission window 153 and the dielectric ring 113A are passed, it is absorbed with the infrared-absorption object 151, and the ring 116 is heated. Since the infrared-absorption object 151 can be remotely heated with infrared rays, it is installing the infrared absorption object 151 in the side near the plasma of the dielectric ring 113A, and it becomes possible to control more the



temperature of the surface exposed to the plasma of the dielectric ring 123 to high degree of accuracy. Since infrared absorption is used for the heating machine style, there is an advantage with a sufficient response compared with heating by a heating resistor. By the bias application part 116A, since the dielectric ring 113A is heated by bias, the response of temperature improves.

[0068]On the other hand, although the infrared radiation means 152 is installed in the holder 154, a crevice is established between the holder 154 and the dielectric ring 113A, it lets the gas supply means 155 pass in the crevice, and the heat transfer gas for temperature control is supplied. Heat transfer gas is closed by the vacuum lock means 156A and 156B. With this gas heat transfer, the dielectric ring 113A radiates heat through the holder 154. Therefore, for example at the time of a processing start, it heats with bias and a lamp, and the accuracy of temperature control improves by making heat radiate with gas heat transfer during processing. As a result, 250 \*\* of temperature of the dielectric ring 123 is desirably controllable in 150 to 200 \*\* in the accuracy of about \*\*5-10 \*\* from about 100 \*\*. In this temperature, in order that membranous deposition may decrease, the foreign matter generation by exfoliation of a film is controlled. Since the surface state of the dielectric ring 113A is a field whose dependency is not large to temperature, a surface state does not change but the plasma treatment stable in the long run becomes possible.

[0069]Although each of above-mentioned drawing 3 and examples of drawing 4 heats the ring 116 and the dielectric ring 113A which touch plasma and membranous deposition was decreased, It is also possible to control uniformly to a temperature lower than wafer temperature, and to form a stable deposited film like the side-attachment-wall inner surface which explained the ring which touches plasma by drawing 1. Drawing 5 shows this example and controls the dielectric ring 113B by temperature control by a refrigerant in 20 \*\* - about 100 \*\*.

[0070]In this example, the refrigerant for temperature control is supplied to the refrigerant passage 161 established in the dielectric ring 113B from the heat carrier feeding means 162. A refrigerant is closed by the sealing means 163. The temperature of the dielectric ring 113B is maintained to a predetermined value with the temperature controller and thermometric element which are not illustrated. By such composition, the temperature of the dielectric ring 113B is maintainable in the range of 20 \*\* - about 100 \*\* at the time of plasma treatment. For this reason, since the film of the firm resultant stable on the surface of the dielectric ring 123 deposits, the surface of the dielectric ring 123 is deleted and it does not exhaust. When a film deposits superfluously by a process, plasma cleaning may be used together and a film may be maintained at fixed thickness.

[0071]Although each of each aforementioned examples was the cases of the plasma treatment apparatus of an owner magnetic field UHF band electro-magnetic-radiation discharge method, 2.45-GHz microwave or the VHF band from several 10 MHz to about 300 MHz may be sufficient as the electromagnetic waves emitted, for example besides a UHF band. A magnetic field may not necessarily be indispensable and non-magnetic field microwave discharge may be sufficient as it, for example. Each aforementioned example is applicable to the magnetron type plasma treatment apparatus and the parallel plate type capacitive coupling system plasma treatment apparatus which used the magnetic field, for example besides the above, or an inductive-coupling type plasma treatment apparatus.

[0072] Drawing 6 is the example which applied this invention to the RIE system (a magnetron RIE system and a Magnetically Enhanced RIE system) which used the magnetic field. The lower electrode 130 in which the processing chamber 100 as a vacuum housing lays the side attachment wall 102 and the samples W, such as a wafer, The gas supply means 117 which is provided with the upper electrode 201 which counters this and is grounded, and introduces predetermined gas in a vacuum housing, It has the vacuum pumping system 106 which evacuates the inside of a vacuum housing, the electric field generating means 203 which generates an electric field between said lower electrode and an upper electrode, and the magnetic field generating means 202 which generates a magnetic field in a vacuum housing. Two or more permanent magnets or coils are arranged at ring shape at the periphery of the processing chamber 100, and the magnetic field generating means 202 forms an almost parallel magnetic field in the inside of a processing chamber to an electrode. And raw gas is plasma-ized by the electric field generated in inter-electrode, the plasma P is generated, and the sample W is processed. In magnetron RIE, since a magnetic field is formed in the direction which intersects perpendicularly with an electric field mostly by the magnetic field generating means 202, the collision frequency of an electron, and the molecule and atom in plasma increases, plasma density increases, and high etching properties are acquired.

[0073] The jacket 103 which controls the temperature of a side-attachment-wall inner surface by this example on the side attachment wall 102 like the example described by drawing 1 is held exchangeable, Circulation feed of the heat carrier is carried out to the inside of the jacket 103 from the heat carrier feeding means 104, 0 \*\* – about 100 \*\*, the ranges of the temperature of a jacket are 20 \*\* – about 80 \*\* desirably, and it is controlled by accuracy of less than \*\*10 \*\*. The jacket 103 consists of aluminum which performed alumite treatment, for example.

[0074] By such composition, since a reactor internal surface is uniformly controllable by a temperature sufficiently lower than wafer temperature, a firm deposited film can be formed in a reactor side-attachment-wall inner surface. This film has sufficient plasma-proof nature, and acts as a protective film of a reactor wall, and exfoliation of a resultant and adhesion of the particle to a specimen surface reduce it. Therefore, since a side attachment wall is exhausted or it is not damaged, while being able to reduce the frequency of the parts replacement of a side attachment wall and leading to the fall of a running cost, it is not necessary to use ceramics, such as high SiC of plasma-proof nature, and reduction of component cost is attained.

[0075] By what it is considered as the structure of making a part of bias power supplied from the electric field generating means 203 revealing, and is further cooled with gas heat transfer to the sample table ring 132 in this example like the example described by drawing 1 and drawing 2. The processing characteristic of the surface reaction in the sample table ring 132 or a sample can be stabilized. Simultaneously, since deposition of a resultant can be prevented by heating and the ion assistance by bias, exfoliation of a resultant and adhesion of the particle to a specimen surface are reduced.

[0076] Drawing 7 is the example which applied this invention to the parallel plate type plasma treatment apparatus. The processing chamber 100 as a vacuum housing has the following.

Side attachment wall 102.

The lower electrode 130 which lays the samples W, such as a wafer.

The electric field generating means 221 which supplies electric power to the upper electrode 210 which counters this, and the upper electrode 210, and makes inter-electrode generate an electric field.

Predetermined raw gas is supplied from the gas supply means 117 in the processing chamber 100, and the inside of a vacuum housing is evacuated by the vacuum pumping system 106. And raw gas is plasma-ized by the electric field generated in inter-electrode, the plasma P is generated, and the sample W is processed. The electrode plate 211 is insulated with the insulators 212 and 213, and the upper electrode 210 is held at the housing 214. The plate 215 is installed in the field of the side which touches the plasma of the electrode plate 211, and the shield ring 216 is installed in the periphery. The shield ring 216 makes the sample table ring 132 and a pair, raises plasma density by confining the plasma P in the processing chamber 100, and acquires high etching properties at the same time it protects the insulators 212 and 213 from plasma.

[0077]The ranges of 0 \*\* – about 100 \*\* of temperature of the inner surface of the side attachment wall 102 are 20 \*\* – about 80 \*\* desirably by the jacket 103 like [ in this example ] the example described by drawing 1, Since it is controlled by accuracy of less than \*\*10 \*\*, the deposited film which has plasma-proof nature is formed, it acts as a protective film of a reactor wall, and reduction of particle and reduction of the frequency of the parts replacement of a side attachment wall are attained. Also about the sample table ring 132, by disclosure bias application structure and a gas cooling method, the processing characteristic of a surface reaction or a sample can be stabilized, deposition of a resultant is prevented, and a particles generation is reduced. Furthermore, the shield ring 216 is constituted so that the shape may be thin, some shield rings 216 may be applied to the plate 115 like the example of drawing 3 and the thermal contact with other parts may decrease. For this reason, if electric power is impressed to the plate 115, the shield ring 216 is heated with the ion by self-bias, deposition of a resultant is controlled, and a foreign matter generation can be reduced.

[0078]Drawing 8 is the example which applied this invention to the inductive-coupling type plasma treatment apparatus. The processing chamber 100 as a vacuum housing has the side attachment wall 102, the lower electrode 130 which lays the samples W, such as a wafer, and the top plate 230, and is evacuated by the vacuum pumping system 106. The coil 231 for inductive discharge is arranged and high-frequency power is supplied to the upper part of the top plate 230 from RF generator 232. It is supplied from the gas supply means 117, it is plasma-ized with inductive discharge with the coil 231 for inductive discharge, the plasma P occurs, and raw gas processes the sample W. Silicon is used for a top plate, and with an inductive-coupling type plasma treatment apparatus, the etching properties higher than a wafer also as low temperature are acquired by being stabilized in a side attachment wall by stabilizing a process or inhibiting the interaction of plasma and a wall, for example by the Faraday shield, the magnetic field, or other means.

[0079]Like the example described by drawing 1, the ranges of the temperature of the inner surface of the side attachment wall 102 are 20 \*\* – about 80 \*\* desirably, and it is controlled by this example by 0 \*\* – about 100 \*\* of jackets 103 in the accuracy of less than \*\*10 \*\*. For this reason, the deposited film which has plasma-proof nature is formed, it acts as a protective film of a reactor wall, and reduction of particle and

reduction of the frequency of the parts replacement of a side attachment wall are attained. Also about the sample table ring 132, by disclosure bias application structure and a gas cooling method, the processing characteristic of a surface reaction or a sample can be stabilized, deposition of a resultant is prevented, and a particles generation is reduced.

[0080]Although the processing object was a semiconductor wafer and each of each aforementioned examples was the cases of the etching process to this, This invention can be applied not only this but when a processing object is a liquid crystal substrate, for example, and the processing itself can apply [ as opposed to / for example / not only etching but / sputtering or \*\* CVD treatment ] it.

[0081]

[Effect of the Invention]According to this invention, the plasma treatment apparatus which can maintain the reproducibility and the reliability of a process by low cost over a long period of time can be provided, without making etching properties produce a temporal change by controlling the temperature inside a reactor, and the state of a wall surface.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-340149

(43) 公開日 平成11年(1999)12月10日

(51) Int.Cl.<sup>8</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

C 2 3 C 16/50

C 2 3 C 16/50

C 2 3 F 4/00

C 2 3 F 4/00

A

H 0 1 L 21/3065

H 0 5 H 1/46

A

H 0 5 H 1/46

C 2 3 C 14/54

B

審査請求 有 請求項の数 2 O L (全 23 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願平10-147672

(22) 出願日

平成10年(1998) 5 月28日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目 6 番地

(72) 発明者 増田 俊夫

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(72) 発明者 高橋 主人

山口県下松市大字東豊井794番地 株式会

社日立製作所笠戸工場内

(72) 発明者 末広 満

山口県下松市大字東豊井794番地 株式会

社日立製作所笠戸工場内

(74) 代理人 弁理士 高田 幸彦 (外 1 名)

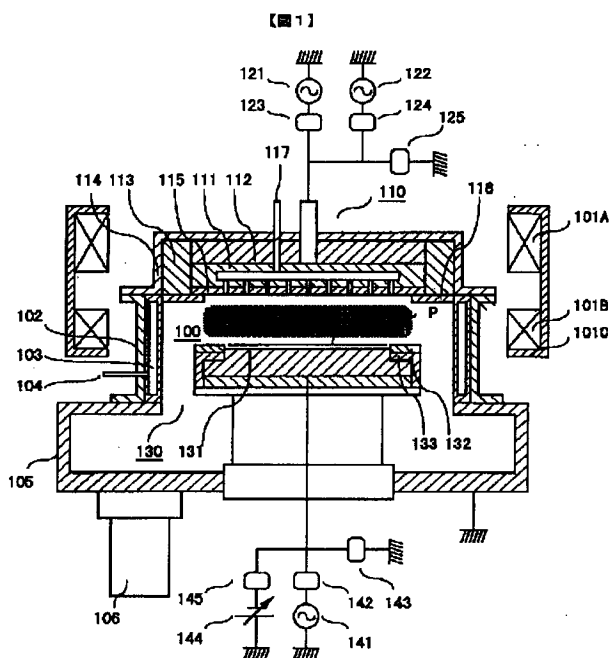
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

(57) 【要約】

【課題】リアクタ内部の温度と壁面への反応性生物の堆積状態を制御して、エッチング特性に経時的な変化を生じさせることなく、プロセスの再現性・信頼性を、長期間にわたって低コストで維持できるプラズマ処理装置を提供する。

【解決手段】処理室100内に設けられたUHF帯アンテナ110から放射される電磁波と、処理室100の周囲に設置された磁場形成手段101で形成される磁場との相互作用により、処理室内部にプラズマを発生してウエハWを処理するプラズマ処理装置において、処理室100の側壁102にジャケット103が交換可能に保持され、側壁内面の温度をウエハよりも十分低い温度で一定に制御する。また、リアクタ内部でバイアス印加が可能な構成部品であるリング116、試料台リング132については、その少なくとも一部分にバイアスが印加される構造を設け、かつ部品全体の熱容量を十分に小さくする。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】真空処理室と、プラズマ発生装置と、処理室内にガスを供給する処理ガス供給手段と、該真空処理室内で処理される試料を保持する電極と、該真空処理室を減圧する真空排気系とを有するプラズマ処理装置において、

前記処理ガスにプラズマ放電により重合膜が形成されるような組成のガスを少なくとも 1 種類以上含み、

前記処理室内でプラズマ放電により前記処理ガスをプラズマ化し、

前記処理室の内部でプラズマに接する内壁面あるいは内部構成部品の表面の少なくとも 1 面以上を、前記処理される試料の温度よりも低い所定温度に制御して、前記処理室内壁面に強固な重合膜を形成させることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】請求項 1 に記載のプラズマ処理装置において、

前記処理室内壁面の温度を、前記試料の温度よりも 5℃以上低い所定温度とし、±10℃以内の精度で制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 3】請求項 1 に記載のプラズマ処理装置において、

前記処理室内壁面の温度を、試料の温度よりも 20℃以上低い所定温度とし、±10℃以内の精度で制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 4】請求項 1 に記載のプラズマ処理装置において、

前記処理室内壁面の温度を、0℃以上 100℃以下の領域の所定温度とし、±10℃以内の精度で制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 5】請求項 1 に記載のプラズマ処理装置において、

前記処理室内壁面の温度を、20℃以上 80℃以下の領域の所定温度とし、±10℃以内の精度で制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 6】請求項 1 ないし 5 に記載のプラズマ処理装置において、

前記処理室の処理圧力を、0.1 Pa 以上 10 Pa 以下とすることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 7】請求項 1 ないし 5 に記載のプラズマ処理装置において、

前記処理室の処理圧力を、0.5 Pa 以上 4 Pa 以下とすることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 8】請求項 1 ないし 7 に記載のプラズマ処理装置において、

前記処理室内壁面を構成する部材を、交換可能な構造とすることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 9】請求項 1 ないし 8 に記載のプラズマ処理装置において、

前記処理室内壁面に形成された重合膜の成長を抑制する

処理プロセスを含むことを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 10】真空処理室と、プラズマ発生装置と、処理室内にガスを供給する処理ガス供給手段と、該真空処理室内で処理される試料を保持する電極と、該真空処理室を減圧する真空排気系とを有するプラズマ処理装置において、

前記処理室の内部でプラズマに接する内壁構成部品の少なくとも 1 つ以上を、当該部品面の少なくとも一部分にバイアスが印加され、かつ当該部品の熱容量を十分に小さくし、かつ当該部品のプラズマに接する表面積を小さくするように構成することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 11】請求項 10 に記載のプラズマ処理装置において、

前記内壁構成部品の温度を、100℃以上 250℃以下の範囲とすることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 12】請求項 10 に記載のプラズマ処理装置において、

前記内壁構成部品の温度を、150℃以上 200℃以下の範囲とすることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 13】請求項 11 ないし 12 に記載のプラズマ処理装置において、

前記処理室の処理圧力を 0.1 Pa 以上 10 Pa 以下とすることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 14】請求項 11 ないし 12 に記載のプラズマ処理装置において、

前記処理室の処理圧力を 0.5 Pa 以上 4 Pa 以下とすることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 15】請求項 11 ないし 14 に記載のプラズマ処理装置において、

前記内壁構成部品の形状がリング状であり、当該部品のプラズマに接する表面積が前記処理室内壁の全面積の 20% 以下であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 16】請求項 11 ないし 15 に記載のプラズマ処理装置において、

前記内壁構成部品の形状がリング状であり、その厚みが 6 mm 以下、内径が試料径以上であることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 17】請求項 10 に記載のプラズマ処理装置において、

前記内壁構成部品のプラズマに接する側の近傍に赤外光吸収体を形成するように構成して、当該部品の温度を赤外線照射手段により遠隔的に制御することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 18】請求項 17 に記載のプラズマ処理装置において、

前記内壁構成部品の温度を、100℃以上 250℃以下の範囲の所定温度とし、±10℃以内の精度で、調整することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 1 9】請求項 1 7 に記載のプラズマ処理装置において、

前記内壁構成部品の温度を、1 5 0℃以上 2 0 0℃以下の範囲の所定温度とし、± 1 0℃以内の精度で、調整することを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2 0】請求項 1 ないし 1 9 に記載のプラズマ処理装置において、

プラズマ発生装置が有磁場 UHF 帯電磁波放射方式、マグネトロン方式、平行平板方式又は誘導結合方式のいずれかであることを特徴とするプラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマ処理装置および処理方法に係り、特に半導体製造工程における微細なパターンを形成するのに好適なプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】半導体製造工程では、たとえば成膜、エッチング、アッシングなどの微細加工プロセスで、プラズマ処理装置が広く用いられている。プラズマ処理によるプロセスは、真空チャンバー（リアクタ）内部に導入されたプロセスガスをプラズマ発生手段によりプラズマ化し、半導体ウエハ表面で反応させて微細加工を行うとともに、揮発性の反応生成物を排気することにより、所定の処理を行うものである。

【0 0 0 3】このプラズマ処理プロセスでは、リアクタ内壁やウエハの温度、あるいは内壁への反応生成物の堆積状態がプロセスに大きな影響を及ぼす。また、リアクタ内部に堆積した反応生成物が剥離すると、発塵の原因となって、素子特性の劣化や歩留まりの低下につながる。

【0 0 0 4】このため、プラズマ処理装置においては、プロセスを安定に保ちかつ異物の発生を抑制するために、リアクタ内部の温度や表面への反応生成物の堆積を制御することが重要である。

【0 0 0 5】たとえば、特開平 8 - 1 4 4 0 7 2 号公報には、シリコン酸化膜のドライエッチング工程における選択比を向上させる目的で、リアクタ内部の各部の温度を、エッチングステージの温度よりも 1 5 0℃以上高い 1 5 0℃以上 3 0 0℃以下（望ましくは 2 0 0℃以上 2 5 0℃以下）の高温度値に± 5℃以内の精度で制御保持するドライエッチング装置が記載されている。このようにリアクタ内面各部の温度を高温に加熱制御することで、リアクタ内面へのプラズマ重合物の付着量が減少し、半導体ウエハ上へのプラズマ重合物の付着量が増加して、選択比が向上する。

【0 0 0 6】また、特開平 5 - 2 7 5 3 8 5 号公報には、平行平板型のプラズマ処理装置において、クランプリング（被処理体保持手段）、フォーカスリング（プラズマ集中手段）の少なくとも一方に、プラズマ処理によ

り生じる反応生成物が付着しない温度に昇温・維持させる加熱手段を設けた装置が記載されている。加熱手段としては抵抗発熱体を用いている。加熱により反応生成物の付着が防止できるので、反応生成物の剥離や、被処理体表面へのパーティクルの付着が低減される。

【0 0 0 7】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、プラズマ処理装置では、チャンバー内壁面の温度や内壁表面への反応生成物の堆積の制御が重要である。

10 【0 0 0 8】しかしながら、チャンバー内壁面、特に広い面積をもつ側壁面の温度を 2 0 0℃～2 5 0℃程度以上の高温に設定すると、エッチング特性が内壁表面の温度に非常に敏感となり、プロセスの再現性・信頼性が低下しやすいという問題がある。

【0 0 0 9】たとえば、S.C. McNevin, et al., J. Vac. Sci. Technol. B 15(2) Mar/Apr1997, p.21, 'Chemical challenge of submicron oxide etching' には、誘導結合型のプラズマにおいて、側壁温度が 2 0 0℃から 1 7 0℃に変化すると酸化膜エッチレートが 5%以上増加することが示されている。この理由としては、側壁温度の低下により、より多くの炭素が壁に吸着するようになり、ウエハ上への炭素の堆積が減少して、酸化膜エッチレートが増加したものと推測されている。このように、特に高密度プラズマでは、高温領域でプラズマがリアクタ内壁と強く相互作用するために、リアクタ内部の温度バランスの変化により、内壁表面への反応生成物の堆積や表面の組成変化が急速に進んで、エッチング特性の変化としてあらわれることになる。

【0 0 1 0】さらに、高温領域では、上記のプラズマと内壁との相互作用が、温度変化に対して非常に敏感となる。たとえば、内壁面材料として SiO<sub>2</sub>を用いた場合、SiO<sub>2</sub>の F 原子によるエッチレートと壁温の間の熱力学的関係式が報告されており、(D. L. Flamm, et al., J. Appl. Phys., 50, p.6211 (1979))、この関係式を 150℃以上の温度領域に適用すると、壁温度が 200℃から 250℃以上では、エッチレートが指数関数的に急激に増加していく。

【0 0 1 1】従って、このような高温領域では、温度制御は、たとえば± 5℃以内と高い精度が要求される。しかしながら、内壁面は高密度なプラズマにさらされるわけであるから、壁面の温度をこのような高温領域で高精度に制御するのは容易ではない。また、これを実現するには、温度制御に、温度検出手段とヒータやランプなどの加熱手段を用いることになるが、温度制御の機構・手段がおおがかりになってしまう。さらに、このような高温領域では内壁面には反応生成物は堆積しないので、壁面はプラズマによりエッチングされて消耗する。したがって、内壁面の部品を定期的に交換する必要があり、消耗品のコスト上昇につながる。また、加熱に大きなエネルギーを要するので、エネルギー消費の観点からも好ま

しくない。

【0012】同様な問題は、ウエハや電極周囲のリングの加熱についてもあてはまる。リングを加熱して昇温することで反応生成物の付着は防止できるものの、抵抗発熱体などの加熱機構は装置構成を複雑にさせる。また、反応生成物の付着は防止できても、リングや内壁表面がプラズマでエッチングされて消耗すると、構成材料そのものが新たな発塵源となるおそれがある。さらにリングや内壁面の部品が消耗するとこれらを定期的に交換する必要があり、装置のランニングコスト上昇につながる。

【0013】こうした課題を解決するひとつの方法が、チャンバー内壁面をポリマーによる表面コーティング層で保護することである。たとえば、特開平 7-312363 には、ワークピース（被加工物）の支持台の温度をチャンバーの壁面よりも高い状態で維持して、チャンバー内壁面に表面コーティング層を形成させるプラズマエッチング装置が記載されている。そして、コンタミナント粒子をポリマーフィルム内に捕獲して蓄積することで、反応生成物によるコンタミナントのチャンバ内への残留蓄積を低減するとされている。

【0014】しかしながら、この場合には壁面の保護を目的とするものではなく、コンタミナント粒子の捕獲が目的である。また、チャンバー内壁面に表面コーティング層を形成させる際の温度は、ワークピース（被加工物）よりも 5℃以上低い値と記述されているのみであり、温度の範囲と制御の精度については考慮がなされていない。また、圧力範囲も数百 mtorr（数 10 Pa）の高圧力のレンジである。しかしながら、膜の堆積温度は、膜の組成や質を変化させ、膜の剥離強度や異物発生に影響すると推測される。また、堆積膜の温度変動は、熱膨張と収縮の繰り返しによりクラックの発生や剥離につながって、異物の原因となると予測され、温度制御の精度は重要な因子である。また、数十 mtorr 以下（数 Pa 以下）の圧力範囲では、高イオンエネルギー化や分子の平均自由行程が長くなることで、膜堆積状況が異なると考えられる。さらに、上記の公知例ではコンタミナントをとりこんだコーティング層をプラズマ処理チャンバー壁面から除去する必要があり、これが装置のスループットや消耗品コストに直接影響するが、この点については考慮がなされていない。

【0015】本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであり、リアクタ内部の温度と反応生成物の堆積を制御することにより、エッチング特性に経時的な変化を生じさせることなく、プロセスの再現性・信頼性を、長期間にわたってかつ低コストで維持できるプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、前記の課題について鋭意研究を重ねた結果、リアクタ内の圧力が数 Pa 以下の領域で、リアクタ内壁面の温度をウエハより

も十分低い温度で、しかも一定温度に制御したときに、内壁面に強固なコーティング膜が形成されることを見出した。さらに詳細な分析の結果、このコーティング膜は、膜形成時の温度が低いほどポリマー重合が進んでいること、および膜形成時の温度を一定に制御することでしっかりと層状の構造が形成されること、したがって膜表面の剥離や損傷がみられず発塵の原因とはならないことを知見した。

【0017】なお、上記においてリアクタ内壁面の温度が「ウエハよりも十分低く一定」とは、ウエハよりも 5℃以上低い範囲で、望ましくは 20℃以上低い範囲で、±10℃以内の精度で制御することを意味している。また、ウエハの処理中の温度がおよそ 100℃から 110℃程度である場合には、温度範囲は 100℃以下、望ましくは 80℃以下を意味している。

【0018】ところで一方、リアクタ内部においては、上記のような低温領域での制御が困難な部分あるいは構成部品も存在する。本発明者らは、このような個所についても検討を重ねた結果、発熱抵抗体のような複雑な加熱機構を有することなく、その温度や表面への反応生成物の堆積を制御する方法を見出すに至った。

【0019】本発明は、上記の知見に基づいてなされたものであり、真空処理室と、プラズマ発生装置と、処理室にガスを供給する処理ガス供給手段と、該真空処理室内で処理される試料を保持する電極と、該真空処理室を減圧する真空排気系とを有するプラズマ処理装置において、前記処理ガスにプラズマ放電により重合膜が形成されるような組成のガスを少なくとも 1 種類以上含み、前記処理室内でプラズマ放電により前記処理ガスをプラズマ化し、前記処理室の内部でプラズマに接する内壁面（あるいは内部構成部品の表面）の少なくとも一部分を、試料よりも十分に低い温度で一定に制御して、処理室内壁面に強固な重合膜を形成させることを特徴とする。

【0020】本発明の他の特徴は、前記の重合膜を形成させる内壁面の温度を、試料よりも 5℃以上、望ましくは 20℃以上低い範囲で、±10℃以内の精度で、制御することにある。

【0021】本発明の他の特徴は、前記の重合膜を形成させる処理室内壁面の温度を、0℃以上 100℃以下、望ましくは 20℃以上 80℃以下の範囲で、±10℃以内の精度で、制御することにある。

【0022】本発明の他の特徴は、前記の処理室内の処理圧力を 0.1 Pa 以上 10 Pa 以下、望ましくは 0.5 Pa 以上 4 Pa 以下とすることにある。

【0023】本発明の他の特徴は、前記の重合膜を形成させる処理室内壁面を構成する部材を、容易に交換可能な構造とすることにある。

【0024】本発明の他の特徴は、前記の処理室内壁面に形成された重合膜の成長を抑制する処理プロセスを含



むことにある。

【0025】本発明のさらに他の特徴は、真空処理室と、プラズマ発生装置と、処理室にガスを供給する処理ガス供給手段と、該真空処理室内で処理される試料を保持する電極と、該真空処理室を減圧する真空排気系とを有するプラズマ処理装置において、上記処理室の内部でプラズマに接する構成部品（あるいは内壁面）を、その少なくとも一部分にバイアスが印加され、かつその熱容量を十分に小さくし、かつその表面積を小さくするように構成することにある。

【0026】本発明の他の特徴は、上記の処理室の内部でプラズマに接する構成部品の温度を、100℃以上250℃以下、望ましくは150℃以上200℃以下の範囲で調整することにより、さらに処理室の処理圧力を0.1Pa以上10Pa以下、望ましくは0.5Pa以上4Pa以下とすることにある。

【0027】本発明の他の特徴は、前記内壁構成部品の形状がリング状であり、当該部品のプラズマに接する表面積が処理室内壁の全面積の20%以下であることにある。

【0028】本発明の他の特徴は、上記の処理室の内部でプラズマに接してその少なくとも一部分にバイアスが印加される構成部品の形状がリング状であり、その厚みが6mm以下、内径が試料径以上であることにある。

【0029】本発明のさらに他の特徴は、前記のプラズマ処理装置において、前記内壁構成部品のプラズマに接する側の近傍に赤外光吸収体を形成するように構成して、当該部品の温度を赤外線照射手段により遠隔的に制御することにある。

【0030】本発明の他の特徴は、上記の赤外線照射で温度制御される部品の温度を、100℃以上250℃以下、望ましくは150℃以上200℃以下の範囲で、±10℃以内の精度で、制御することにある。

【0031】本発明のさらに他の特徴は、上記のプラズマ処理装置において、プラズマ発生装置が有磁場UHF帯電磁波放射方式であることにある。

【0032】本発明によれば、プラズマ放電により処理ガスの一部が重合して、処理室内壁面のプラズマに接する部分あるいは部品の表面に、ポリマーによる表面コーティング層が形成される。そして、リアクタ内壁面の温度をウエハよりも十分に低い温度で一定温度に制御することで、このコーティング層のポリマー重合が進んでしっかりした層状の構造を形成することが可能となる。したがって内壁面がプラズマによりエッチングされて消耗することがないので、内壁面の部品交換の頻度が低減でき、ランニングコスト低下が可能となる。また、このコーティング層は、膜の組成が緊密であるので、プラズマにさらされても、表面に剥離や損傷が生じないので、発塵の原因とはならない。

【0033】また、チャンバー内壁面の温度をウエハよ

りも低い温度領域に設定しているので、内壁面を200℃以上の高温領域に設定した場合に比べて、プラズマと内壁面との相互作用が弱く、しかも温度変化に対して敏感とならない。このため、プロセスの再現性・信頼性が長期間にわたって低下しにくく、また温度制御の精度もたとえば±10℃以内でよく、温度制御に複雑な機構を用いることなく比較的容易に実現することが可能となる。

【0034】また、内壁面に所定の値を超える重合膜が形成された場合にはこの膜を除去する必要がある。この膜除去プロセスをクリーニングではなく、装置を大気開放して重合膜が形成された処理室内壁面の構成部品を交換して装置は再び稼働させ、膜の除去はチャンバから取り出した後にウェットクリーニングなどでex-situに行って内壁面を再生することで、装置の不稼働時間を低減してスループットを低下させないとともに、部品の再生と繰り返し使用により消耗品コストを低減できる効果がある。また、処理中に重合膜の成長を抑制するプロセスを加えることで、装置の開放と清掃までの時間を延ばすことができる。

【0035】一方、本発明のさらに他の特徴によれば、リアクタ内部において、ウエハよりも十分に低い領域での温度制御が困難な部分あるいは構成部品については、その少なくとも一部分にバイアスが印加される構造を設け、かつ部品全体の熱容量を十分に小さくすることにより、ヒータやランプなどの複雑な機構を用いることなく部品全体が高温領域に制御できるので、反応生成物の過剰な堆積を抑制して反応生成物の剥離にともなう異物発生を低減できる。また、部品の表面積を小さくすることで、温度や表面状態が変動してもプロセスへの影響を抑制できる。さらに、上記の構成部品に印加されるバイアスの程度を調整して、温度を100℃以上250℃以下、望ましくは150℃以上200℃以下の範囲に設定することにより、およそ250℃以上の高温領域に設定した場合に比べて温度変化に対して敏感ではないので、構成部品の温度変動がプロセスに対して実質的に影響しないレベルに小さくできる利点がある。

【0036】本発明のさらに他の特徴によれば、処理室内でプラズマに接する構成部品の温度を、赤外線照射とガス熱伝達を用いて、より能動的に高温領域で高精度に制御できるので、反応生成物の過剰な堆積を抑制して反応生成物の剥離にともなう異物発生を低減できるとともに温度や表面状態の変動を抑制してプロセスに対する影響を抑制できる。さらに、温度を100℃以上250℃以下、望ましくは150℃以上200℃以下の範囲で±10℃以内の精度で、制御することにより、およそ250℃以上の高温領域に設定した場合に比べて、温度変化に対して敏感ではないので、構成部品の温度変動がさらに微細なプロセスに対しても実質的に影響しないレベルに小さくできる利点がある。

## 【0037】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例について、図面に基いて説明する。図1は、本発明を、有磁場UHF帯電磁波放射放電方式のプラズマエッチング装置へ適用した実施例を示すもので、当該プラズマエッチング装置の断面模式図である。

【0038】図1において、処理室100は、10<sup>-6</sup>Torr程度の真空度を達成可能な真空容器であり、その上部にプラズマ発生手段としての電磁波を放射するアンテナ110を、下部にはウエハなどの試料Wを載置する下部電極130を、それぞれ備えている。アンテナ110と下部電極130は、平行して対向する形で設置される。また、処理室100の周囲には、電磁コイル101A、101B、ヨーク101Cからなる磁場形成手段101が設置されており、所定の分布と強度をもつ磁場が形成される。そして、アンテナ110から放射される電磁波と磁場形成手段101で形成される磁場との相互作用により、処理室内部に導入された処理ガスをプラズマ化して、プラズマPを発生させ、試料Wを処理する。

【0039】処理室100の側壁102には、側壁内面の温度を制御するジャケット103が交換可能に保持される。そして、ジャケット103の内部には熱媒体供給手段104から熱媒体が循環供給されて温度が制御される。ジャケットの温度は、0℃～100℃、望ましくは20℃～80℃の範囲で、±10℃以内の精度で制御される。一方、処理室100は、真空室105に接続された真空排気系106により真空排気されて、処理室100の内部が0.1Pa以上10Pa以下、望ましくは0.5Pa以上4Pa以下の所定の処理圧力に調整される。処理室100および真空室105はアース電位となっている。処理室100の側壁102、ジャケット103は重金属を含まず熱伝導性のよいたとえばアルミニウムなどの非磁性金属材料として、表面に耐プラズマ性のアルマイトなどの表面処理を施してもよい。

【0040】電磁波を放射するアンテナ110は、円板状導電体111、誘電体112、誘電体リング113からなり、真空容器の一部としてのハウジング114に保持される。また、円板状導電体111のプラズマに接する側の面にはプレート115が設置され、さらにその外周にリング116が設置される。試料のエッチング、成膜等の処理を行なう処理ガスは、ガス供給手段117から所定の流量と混合比をもって供給され、円板状導電体111とプレート115に設けられた多数の孔を通して、所定の分布に制御されて、処理室100に供給される。

【0041】円板状導電体111には、アンテナ電源121、アンテナ高周波電源122が、それぞれマッチング回路・フィルタ系123、124を介して接続され、またフィルタ125を通してアースに接続される。アンテナ電源121は、望ましくは300MHzから900MHzのUHF帯周波数の電力を供給し、アンテナ110からUHF帯の

電磁波が放射される。一方、アンテナ高周波電源122は、円板状導電体111に、たとえば100kHz程度の低周波、あるいは数MHzから10MHz程度の高周波のバイアスを印加することで、円板状導電体111に接するプレート115の表面での反応を制御する。プレート115はウエハと対向しているので、処理プロセスにもっとも大きく影響するが、この面にバイアスを印加して反応生成物を堆積させないことで、装置プロセスが安定化する。また、たとえば、CF系のガスをを用いた酸化膜エッチングにおいて、プレート115の材質を、高純度のシリコンやカーボンなどとするすることで、プレート115の表面でのFラジカルやCF<sub>x</sub>ラジカルの反応を制御して、ラジカルの組成比を調整する。プレート115の下面とウエハWの距離（以下、ギャップと呼ぶ）は、30mm以上150mm以下、望ましくは50mm以上120mm以下とする。

【0042】円板状導電体111は、図示しない温度制御手段、すなわちその内部を循環する熱媒体により温度が所定の値に維持され、円板状導電体111に接するプレート115の表面温度が制御される。リング116は、アンテナ高周波電源122によるバイアスで加熱されて温度制御されるが、これについては後に詳しく述べる。

【0043】処理室100の下部には、アンテナ110に対向して下部電極130が設けられている。下部電極130には、400kHzから13.56MHzの範囲のバイアス電力を供給するバイアス電源141がマッチング回路・フィルタ系142を介して接続されて試料Wに印加するバイアスを制御するとともに、フィルタ143を介してアースに接続される。

【0044】下部電極130は、静電吸着装置131により、その上面、すなわち試料載置面にウエハなどの試料Wを載置保持する。静電吸着装置131は、その上面に静電吸着用誘電体層（以下、静電吸着膜と略称する）が形成されている。そして、静電吸着用の直流電源144とフィルタ145により数100V～数kVの直流電圧を印加して、静電吸着膜を介して試料Wと静電吸着装置111との間に作用するクーロン力を発生させて、試料Wを下部電極130上に吸着・保持する。静電吸着膜としては、たとえば酸化アルミニウムや酸化アルミニウムにチタン酸化物を混合した誘電体を用いる。

【0045】さらに、試料Wは、その表面反応を制御するために、図示しない温度制御手段によりその表面温度が所定の温度に制御される。このために、下部電極130には、静電吸着装置131と試料Wの間の熱伝達性を高めるために、不活性ガス、たとえばHeガスが所定の流量と圧力に設定されて供給されている。これにより、ウエハの温度は、最高でおよそ100℃～110℃以下の範囲に制御される。

【0046】また、静電吸着装置131の上面の試料W

10

20

30

40

50

の外側部には、試料台リング 132 が設けられている。試料台リング 132 には、SiC などのセラミクスやカーボン、シリコン、石英材料を用いる。試料台リング 132 は、アルミナなどの絶縁体 133 で、静電吸着装置 131 と絶縁される。さらに、試料台リング 132 に絶縁体 133 を介してバイアス電源 141 からのバイアス電力を一部漏洩させて加えることで、試料台リング 132 へのバイアス印加を調整して、その表面での反応を制御することも可能である。たとえば、CF 系のガスを用いた酸化膜エッチングにおいて、試料台リング 132 の材質を高純度のシリコンとすれば、シリコンのスカーベンジ作用により試料台リング 132 の表面での F ラジカルや CF<sub>x</sub> ラジカルの反応を調整して、特にウエハ外周部でのエッチング均一性を向上することができる。試料台リング 132 は、バイアスにより加熱されるとともに、伝熱ガスにより冷却されて、温度制御されるが、これについては後に詳しく述べる。

【0047】本実施例によるプラズマエッチング装置は以上のように構成されており、このプラズマエッチング装置を用いて、たとえばシリコン酸化膜のエッチングを行う場合の具体的なプロセスを、図 1 を用いて説明する。

【0048】まず、処理の対象物であるウエハ W は、図示していない試料搬入機構から処理室 100 に搬入された後、下部電極 130 の上に載置・吸着される。そして、必要に応じて下部電極の高さが調整されて所定のギャップに設定される。ついで、処理室 100 内は真空排気系 106 により真空排気されていく。一方、試料 W のエッチング処理に必要なガス、たとえば C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> と Ar が、ガス供給手段 117 から、所定の流量と混合比、たとえば Ar 流量 300 sccm、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> 流量 9 sccm をもって、アンテナ 110 のプレート 115 から処理室 100 に供給される。同時に、処理室 100 は真空排気系 106 により排気され、処理室 100 の内部が所定の処理圧力、例えば 1 Pa になるように調整される。他方、磁場形成手段 101 により、所定の分布と強度の磁場が形成される。そして、アンテナ電源 121 によりアンテナ 110 から UHF 帯の電磁波が放射され、磁場との相互作用により処理室 100 内にプラズマ P が生成される。このプラズマ P により、処理ガスを解離させてイオン・ラジカルを発生させ、さらにアンテナ高周波電源 122、バイアス電源 141 を制御して、ウエハ W にエッチング等の処理を行う。そして、エッチング処理の終了にともない、電力および処理ガスの供給を停止してエッチングを終了する。

【0049】さて、本実施例におけるプラズマ処理装置は上記のように構成されているが、リアクタ内各部、特に側壁 103 の内面およびリング 116、試料台リング 132 の温度制御および反応生成物の堆積制御について、具体的に説明していく。

【0050】まず側壁 103 について、図 1 により説明する。すでに説明したように、処理室 100 の側壁 102 の内側にはジャケット 103 が保持され、熱媒体により温度制御が可能となっている。

【0051】本発明者らは、酸化膜エッチングを対象に、処理ガスとして C<sub>4</sub>F<sub>8</sub> と Ar の混合ガス系を用いて圧力 2 Pa で実験した結果、リアクタ内壁面の温度をウエハ温度（およそ 100℃ 程度）よりも十分低い温度である 25℃ から 80℃ の範囲で ±10℃ 以内の精度で一定温度に制御したときに、内壁面に強固なコーティング膜が形成されることを見出した。このような数十 mtorr 以下（数 Pa 以下）の圧力範囲ではエネルギーの高いイオンが増加するので、膜堆積におけるイオンアシストの効果が高まって、緊密な膜が形成されと考えられる。堆積膜の状況は、側壁温度が低いと緻密で強固な膜が形成され、側壁温度が高いとやや粗い構造であった。この膜質変化を定量的に明らかにするために、側壁温度 25℃、50℃、80℃ で堆積した膜の組成（元素濃度比）を XPS（X 線光電子分光法）で分析したところ、次のような結果であった。

【0052】

| 側壁温度 | C (%) | F (%) | C/F 比 |
|------|-------|-------|-------|
| 25℃  | 45.6  | 51.1  | 0.89  |
| 50℃  | 43.9  | 53.8  | 0.82  |
| 80℃  | 40.6  | 58.2  | 0.70  |

この結果からも明らかなように、側壁温度が低いほどカーボンリッチな膜質となっている。また、ここでは示していないが、C 1s ピークの分析から、側壁温度が低いほどカーボン同士の結合が進んでおり、ポリマー重合が進んでいることもわかっている。これが、マクロには緻密で強固な膜として観察されたと推測できる。

【0053】またこの実験時には、側壁面の温度は ±10℃ 以内の精度で制御されているので、膜の堆積中に温度変動にともなう内部応力が発生せず、膜構造が緻密になると予測される。電子顕微鏡による観察の結果、しっかりした層状の構造が形成されていることを確認した。この膜はきわめて緊密で強固であり、デポ堆積加速試験で試験的におよそ 200 ミクロンの膜厚にまで堆積させても、テープ剥離や摩擦試験による膜のはがれは観察されなかった。さらに、この膜はプラズマに対しても高い耐性を示しており、プラズマ処理によっても膜表面の剥離や損傷がみられず、発塵の原因とはならないことを知見した。

【0054】このように、リアクタ内壁面の温度をウエハ温度よりも十分低い温度で一定に制御することで、内部に熱応力の発生しない強固な堆積膜をリアクタ側壁内面に形成することができる。この膜は十分な耐プラズマ性を有しており、反応生成物の剥離や試料表面へのパーティクルの付着が低減するので、リアクタ内壁の保護膜として作用する。したがって、側壁は消耗したり損傷し

たりしないので、側壁の部品交換の頻度が低減でき、ランニングコストの低下につながる。また、側壁が堆積膜で保護されるので、耐プラズマ性の高いSiCなどのセラミクスを使う必要がなく、部品コストの低減が可能となる。また、特に側壁温度を常温～約50℃程度の範囲で制御すれば、側壁の加熱のためのエネルギーが少なくすむので、省エネルギーにもつながる効果がある。側壁材料としては、重金属を含まずかつ熱伝導性のよい金属、たとえばアルミを用いればよい。

【0055】なお、堆積膜が存在しない初期状態では、アルミが露出しているために、プラズマからダメージを受けて表面が変質する可能性がある。そこでこれを防止するために、表面に高分子材料をコーティングしてもよい。あるいは、アルミ表面をたとえばアルマイト処理して、さらに、アルマイト処理で生じた微細な孔を高分子材料で封孔処理をしてもよい。もちろん、この封孔処理はアルミのアルマイト処理に限らずに適用できる。このように、高分子による膜をアルミ表面と堆積膜との界面に介在させることで、アルミ表面と堆積膜との密着性をまして、堆積膜を剥離させにくくする効果もある。また、プロセスによっては、膜が過剰に堆積する場合もありうるが、この場合は、ウエハ処理後に短時間のプラズマクリーニングを併用して膜の堆積を制御することで、膜の厚みを一定に保つてもよい。

【0056】次に、試料台リングについて説明する。すでに図1の実施例で説明したように、試料台リング132は、バイアス印加によりその表面での反応を制御することで、特にウエハ外周部でのエッチング特性を均一にできる。このとき、試料台リング132はバイアスにより加熱されるが、その表面における反応と膜の堆積を制御するために、印加バイアスと温度を制御する必要がある。しかも、静電吸着装置131を組込んだ下部電極に複雑な機構を組み込むことなく、印加バイアスならびに温度の制御が可能であることが望ましい。これは、漏洩バイアスの制御とバイアスによる加熱およびガス伝熱による冷却のバランスにより具現化できる。この実施例を、図2に示す下部電極130の断面図（右側半分）により説明する。

【0057】下部電極130は、試料Wを静電吸着装置131により保持する。静電吸着装置131は、絶縁体134によりアース135と絶縁される。本実施例では、試料台リング132を、静電吸着装置131に対して絶縁体133を介して設置することにより、バイアス電源141から供給されるバイアス電力の一部を漏洩させて加える構造としている。印加されるバイアスは、絶縁体133の厚みや材質により調整できる。このようなバイアス印加構造とすることにより、下部電極130の内部で試料台リング132への配線構造を設けたり、試料台リング132に別のバイアス電源を接続したりする必要がない。

【0058】また、静電吸着装置131は、温調用熱媒体の循環（図示していない）により、所定の温度に維持されている。そして、試料Wと静電吸着装置131の表面の間には、伝熱用ガス（例えばHeガス等）の流路136が形成され、伝熱用ガスが導入されることで熱伝導が良好に保たれる。ここで、本実施例では、試料台リング132、絶縁体133、静電吸着装置131の間にも伝熱用ガスの流路136A、136Bが形成される。そして、ウエハ冷却用伝熱ガスの一部が導入されて、接触部での熱伝導が良好に保たれる。このため、試料台リング132は、所定の温度に維持された静電吸着装置131との間の熱伝達が良好に保たれて、温度が安定に保たれる。この結果、試料台リング132へのバイアス印加による温度変動が抑制され、試料台リング132における表面反応や試料の処理特性が安定化できる。また同時に、バイアスによる加熱とイオンアシストにより反応生成物の堆積が防止できるので、反応生成物の剥離や、試料表面へのパーティクルの付着が低減される。

【0059】このように、試料台リングは、漏洩バイアスの印加とバイアスによる加熱とガス伝熱による冷却のバランスにより、簡単な構造で表面反応や温度と膜堆積の制御が可能となり、処理の長期安定化と異物の低減を図ることができる。

【0060】なお、本実施例では、伝熱用ガスにより熱伝達を確保したが、たとえば熱導電性シートなど、他の熱伝達手段を用いてもよい。

【0061】次に、アンテナ110について説明する。すでに図1の実施例で述べたように、円板状導電体111にはアンテナ高周波電源122が接続されて100kHz程度または数MHzから10MHz程度のバイアスが印加される。また、円板状導電体111の温度は熱媒体により所定の値に維持される。したがって、円板状導電体111に接するプレート115は、バイアスが印加されるとともにその表面温度も制御される。プレート115はウエハと対向しているので、処理プロセスにもっとも大きく影響するが、この面にバイアスを印加して反応生成物を堆積させず、さらにプレートの材質に高純度のシリコンを用いてスカベンジ作用による表面反応を用いることで、プロセスを安定化することができる。

【0062】一方、プレート115の外周部のリング116は、プレート115と同様にアンテナ高周波電源122によるバイアスで加熱し、さらにリング116の熱容量を小さくすることで温度変化の応答性を高めている。これを図3を用いて説明する。

【0063】図3は、リング116の温度制御方法を示した実施例である。本実施例では、リング116の形状を薄くして、かつプレート115にその一部分がかかり、かつ誘電リング113やプレート115との熱的な接触が少なくなるように構成されている。この場合、プレート115にアンテナ高周波電力を印加すると、プレ

ート 115 へのバイアスにより、イオンが図中の矢印のようにリング 116 の表面に引き込まれる。本実施例では、ヒータやランプなどの加熱機構を用いていないので、機構が複雑にならない利点がある。

【0064】リング 116 のバイアス印加部分の幅  $w$  は、バイアスによる加熱が効率よく行えるように、たとえば 10 mm 以上とする。リング 116 の厚みは、バイアスで有効に加熱されるためにはたとえば 6 mm 以下、望ましくは 4 mm 以下とする。このように薄い形状とすることで、リング 116 の熱容量が小さくなる。この結果、リング全体をおよそ 100℃ 以上 250℃ 以下、望ましくは 150℃ 以上 200℃ 以下に加熱することが可能となる。この結果、反応生成物の堆積が抑制されて、反応生成物の剥離にともなう異物発生を低減できる。また、この温度範囲では、およそ 250℃ 以上の高温領域に比べて表面反応の変化が温度変化に対して敏感ではないので、構成部品の温度変動がプロセスに対して実質的に影響しないレベルに小さくできる利点がある。

【0065】リング 116 の厚みは、デポ膜の堆積を抑制でき、しかもリング表面がイオンでスパッタされて消耗しないように、アンテナバイアスのパワー・周波数、リング 116 の材質、リング 116 への反応生成物の堆積速度などとのバランスで決定される。また、図中に示したように、バイアスが印加される部分以外は厚みを薄くして、リング全体の熱容量をさらに小さくしてもよい。このように、リング 116 の熱容量を小さくすることで、処理の初期段階の短い時間で応答性よく温度が上昇するので、処理特性への影響が小さい。また、リング 116 の内径  $d$  は、試料の直径よりも大きいことが望ましい。リアクタの内径は試料の 1.5 倍程度になるから、試料径 300 mm の場合は、リングの幅  $s$  はおよそ 50 mm から 70 mm となり、その表面積はリアクタ内壁面全体に対してたとえば 20% 以下と十分に小さくなる。このように、部品の表面積を小さくすることで、温度や表面状態が変動してもプロセスへの影響を抑制できる。しかもリング 116 はウエハよりも外周部に位置しているので、そのプロセスへの影響はさらに小さくなる。

【0066】ところで、上記の実施例は、プラズマによる受動的な加熱であるため、ある程度の温度変動は避けられない。この変動は現状のプロセスでは影響が顕在化しなくても、処理プロセスの微細化により、エッチング特性に影響を及ぼす可能性があり、この場合にはランプやヒータなどによる積極的な温度制御機構が必要となる。図 4 には、ランプ加熱による温度制御機構の実施例を示す。

【0067】本実施例においては、誘電体リング 113 A の一部が、上記リング 116 と同様の構造 116 A でバイアスが印加できるように構成されており、さらに誘電体リング 113 A のプラズマに近い側に、赤外光・遠

赤外光を吸収するたとえばアルミナ薄膜などの赤外吸収体 151 が形成されている。そして、赤外線放射手段 152 から赤外光・遠赤外光が放射され、赤外透過窓 153、誘電体リング 113 A を通過して、赤外吸収体 151 で吸収され、リング 116 を加熱する。赤外吸収体 151 は赤外線により遠隔的に加熱できるので、赤外線吸収体 151 を誘電体リング 113 A のプラズマに近い側に設置することで、誘電体リング 123 のプラズマにさらされる表面の温度をより高精度に制御することが可能となる。また、加熱機構に赤外線の吸収を用いているため、発熱抵抗体による加熱に比べて応答性がよい利点がある。さらに、バイアス印加部 116 A により、誘電体リング 113 A はバイアスによっても加熱されるので、温度の応答性が向上する。

【0068】一方、赤外線放射手段 152 はホルダ 154 に設置されるが、ホルダ 154 と誘電体リング 113 A の間には隙間が設けられ、その隙間にガス供給手段 155 を通して、温度制御用の伝熱ガスが供給される。伝熱ガスは、真空封止手段 156 A、156 B で封止される。このガス伝熱により、誘電体リング 113 A はホルダ 154 を通して放熱される。したがって、たとえば処理開始時にはバイアスとランプにより加熱し、処理中にはガス伝熱により放熱させることで、温度制御の精度が向上する。この結果、誘電体リング 123 の温度をおよそ 100℃ から 250℃、望ましくは 150℃ から 200℃ の範囲で  $\pm 5 \sim 10$ ℃ 程度の精度で制御できる。この温度では、膜の堆積が減少するため、膜の剥離による異物発生が抑制される。また、誘電体リング 113 A の表面状態が温度に対して依存性が大きくない領域であるので、表面状態が変化せず、長期的に安定したプラズマ処理が可能となる。

【0069】上記の図 3、図 4 の実施例はいずれも、プラズマに接するリング 116、誘電体リング 113 A を加熱して膜の堆積を減少させるものであったが、プラズマに接するリングを、図 1 で説明した側壁内面と同様に、ウエハ温度よりも低い温度に一定に制御して安定な堆積膜を形成することも可能である。図 5 は、この実施例を示し、誘電体リング 113 B を、冷媒による温度制御で 20℃ ～ 100℃ 程度の範囲で制御するものである。

【0070】この実施例では、誘電体リング 113 B に設けられた冷媒流路 161 に、熱媒体供給手段 162 から温度制御用の冷媒が供給される。冷媒は、封止手段 163 で封止される。誘電体リング 113 B の温度は、図示していない温度コントローラや温度検出器により、所定の値に維持する。このような構成により、プラズマ処理時に、誘電体リング 113 B の温度を 20℃ ～ 100℃ 程度の範囲に維持することができる。このため、誘電体リング 123 の表面に安定した強固な反応生成物の膜が堆積するので、誘電体リング 123 の表面が削られて

消耗することはない。また、プロセスによって膜が過剰に堆積する場合は、プラズマクリーニングを併用して、膜を一定の厚みに保ってもよい。

【0071】なお、前記の各実施例は、いずれも有磁場UHF帯電磁波放射放電方式のプラズマ処理装置の場合であったが、放射される電磁波はUHF帯以外にも、たとえば2.45GHzのマイクロ波や、あるいは数10MHzから300MHz程度までのVHF帯でもよい。また、磁場はかならずしも必須ではなく、たとえば無磁場マイクロ波放電でもよい。さらに、上記以外にも、たとえば磁場を用いたマグネトロン型のプラズマ処理装置や平行平板型の容量結合方式プラズマ処理装置、あるいは誘導結合型のプラズマ処理装置などに、前記の各実施例を適用できる。

【0072】図6は、本発明を、磁場を用いたRIE装置（マグネトロンRIE装置やMagnetically Enhanced RIE装置）に適用した例である。真空容器としての処理室100は、側壁102と、ウエハなどの試料Wを載置する下部電極130と、これに対向して接地される上部電極201を備え、また真空容器内に所定のガスを導入するガス供給手段117と、真空容器内を減圧排気する真空排気系106と、前記下部電極と上部電極の間に電界を発生させる電界発生手段203と、真空容器内に磁界を発生させる磁界発生手段202を備えている。磁界発生手段202は、複数の永久磁石またはコイルが処理室100の外周にリング状に配置され、処理室内部に電極に対してほぼ平行な磁場を形成する。そして、電極間に発生する電界により処理ガスをプラズマ化して、プラズマPを発生させ、試料Wを処理する。さらに、マグネトロンRIEでは、磁界発生手段202により電界とほぼ直交する方向に磁場が形成されるので、電子とプラズマ中の分子・原子との衝突頻度が高まって、プラズマ密度が増加し、高いエッチング特性が得られる。

【0073】本実施例では、図1で述べた実施例と同様に、側壁102に側壁内面の温度を制御するジャケット103が交換可能に保持され、ジャケット103の内部に熱媒体供給手段104から熱媒体が循環供給されて、ジャケットの温度が0℃～約100℃、望ましくは20℃～約80℃の範囲で、±10℃以内の精度で制御される。ジャケット103は、たとえばアルミイト処理を施したアルミニウムで構成する。

【0074】このような構成により、リアクタ内壁面をウエハ温度よりも十分低い温度で一定に制御できるので、リアクタ側壁内面に強固な堆積膜を形成できる。この膜は十分な耐プラズマ性を有しており、リアクタ内壁の保護膜として作用し、反応生成物の剥離や試料表面へのパーティクルの付着が低減する。したがって、側壁は消耗したり損傷したりしないので、側壁の部品交換の頻度が低減でき、ランニングコストの低下につながるとともに、耐プラズマ性の高いSiCなどのセラミクスを使う必要がなく、部品コストの低減が可能となる。

【0075】また、本実施例では、図1、図2で述べた実施例と同様に、試料台リング132に、電界発生手段203から供給されるバイアス電力の一部を漏洩させる構造とし、さらにガス伝熱により冷却することで、試料台リング132における表面反応や試料の処理特性が安定化できる。また同時に、バイアスによる加熱とイオンアシストにより反応生成物の堆積が防止できるので、反応生成物の剥離や試料表面へのパーティクルの付着が低減される。

【0076】図7は、本発明を、平行平板型プラズマ処理装置に適用した例である。真空容器としての処理室100は、側壁102と、ウエハなどの試料Wを載置する下部電極130と、これに対向する上部電極210、および上部電極210に電力を供給して電極間に電界を発生させる電界発生手段221とを備えている。所定の処理ガスが処理室100内にガス供給手段117より供給され、真空排気系106で真空容器内が減圧排気される。そして、電極間に発生する電界により処理ガスをプラズマ化して、プラズマPを発生させ、試料Wを処理する。上部電極210は、電極板211が絶縁体212、213で絶縁されてハウジング214に保持される。また、電極板211のプラズマに接する側の面にはプレート215が、その外周にはシールドリング216が設置される。シールドリング216は、絶縁体212、213をプラズマから保護すると同時に、試料台リング132と対をなして、プラズマPを処理室100に封じ込めることでプラズマ密度を向上させて、高いエッチング特性を得る。

【0077】本実施例では、図1で述べた実施例と同様に、側壁102の内面の温度がジャケット103により0℃～約100℃、望ましくは20℃～約80℃の範囲で、±10℃以内の精度で制御されるため、耐プラズマ性を有する堆積膜が形成されてリアクタ内壁の保護膜として作用し、パーティクルの低減や側壁の部品交換の頻度の低減が可能となる。また、試料台リング132についても漏洩バイアス印加構造とガス冷却により、表面反応や試料の処理特性が安定化でき、反応生成物の堆積を防止してパーティクル発生が低減される。さらにシールドリング216は、図3の実施例と同様に、その形状が薄く、かつプレート115に対してシールドリング216の一部分がかかり、かつ他部品との熱的な接触が少なくなるように構成されている。このため、プレート115に電力を印加すると、シールドリング216がセルフバイアスによるイオンにより加熱され、反応生成物の堆積が抑制されて、異物発生を低減できる。

【0078】図8は、本発明を、誘導結合型のプラズマ処理装置に適用した例である。真空容器としての処理室100は、側壁102と、ウエハなどの試料Wを載置する下部電極130と、天板230とを備えており、真空排気系106で減圧排気される。天板230の上部に

は、誘導放電用コイル 2 3 1 が配置され、高周波電源 2 3 2 から高周波電力を供給する。処理ガスはガス供給手段 1 1 7 より供給され、誘導放電用コイル 2 3 1 による誘導放電でプラズマ化されて、プラズマ P が発生し、試料 W を処理する。誘導結合型のプラズマ処理装置では、天板にシリコンを用いてプロセスを安定化させたり、たとえばファラデーシールドや磁場などの手段でプラズマと壁との相互作用を抑制することで、側壁をウエハよりも低温としても高いエッチング特性が安定して得られる。

【0 0 7 9】本実施例では、図 1 で述べた実施例と同様に、側壁 1 0 2 の内面の温度がジャケット 1 0 3 により 0℃～約 1 0 0℃、望ましくは 2 0℃～約 8 0℃の範囲で、± 1 0℃以内の精度で制御される。このため、耐プラズマ性を有する堆積膜が形成されてリアクタ内壁の保護膜として作用し、パーティクルの低減や側壁の部品交換の頻度の低減が可能となる。また、試料台リング 1 3 2 についても漏洩バイアス印加構造とガス冷却により、表面反応や試料の処理特性が安定化でき、反応生成物の堆積を防止してパーティクル発生が低減される。

【0 0 8 0】なお、前記の各実施例は、いずれも処理対象が半導体ウエハであり、これに対するエッチング処理の場合であったが、本発明はこれに限らず、例えば処理対象が液晶基板の場合にも適用でき、また処理自体もエッチングに限らず、たとえばスパッタリングや C V D 処理に対しても適用可能である。

#### 【0 0 8 1】

【発明の効果】本発明によれば、リアクタ内部の温度と壁面の状態を制御することにより、エッチング特性に経時的な変化を生じさせることなく、プロセスの再現性・信頼性を、長期間にわたって低コストで維持できるプラ\*

\* プラズマ処理装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の一実施例になる、プラズマエッチング装置の断面模式図である。

【図 2】本発明の一実施例である、試料台リングの温度制御方法を示す図である。

【図 3】本発明の一実施例である、リングの温度制御方法を示す図である。

【図 4】本発明の一実施例である、赤外ランプによるリングの温度の制御方法を示す図である。

【図 5】本発明の一実施例である、冷媒によるリングの温度制御方法を示す図である。

【図 6】本発明の一実施例になる、有磁場 R I E プラズマエッチング装置の断面模式図である。

【図 7】本発明の一実施例になる、平行平板型プラズマエッチング装置の断面模式図である。

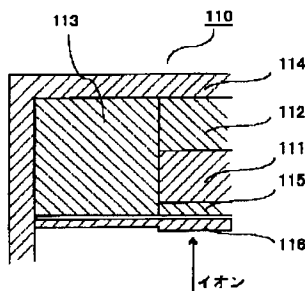
【図 8】本発明の一実施例になる、誘導結合型プラズマエッチング装置の断面模式図である。

#### 【符号の説明】

20 1 0 0 … 処理室、1 0 1 … 磁場形成手段、1 0 2 … 処理室側壁、1 0 3 … ジャケット、1 0 4 … ガス供給手段、1 0 5 … 真空室、1 0 6 … 真空排気系、1 1 0 … アンテナ、1 1 0 … 円板状導電体、1 1 2 … 誘電体、1 1 3 … 誘電体リング、1 1 5 … プレート、1 1 6 … 温度制御手段、1 1 7 … ガス供給手段、1 2 1 … アンテナ電源、1 2 2 … アンテナ高周波電源、1 3 0 … 下部電極、1 3 1 … 静電吸着装置、1 3 2 … 試料台リング、1 3 3 … 絶縁体、1 4 1 … バイアス電源、1 5 1 … 赤外吸収体、1 5 2 … 赤外線放射手段、1 5 3 … 赤外透過窓、1 5 5 … ガス供給手段、1 4 2 … 静電吸着装置、1 4 3 … 絶縁体、1 4 7 … 冷媒流路、

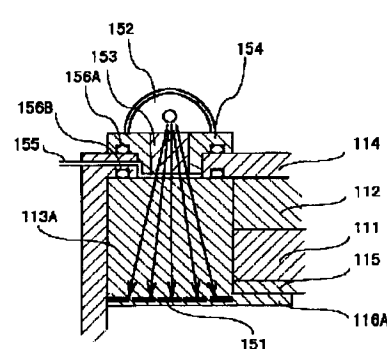
【図 3】

【図 3】



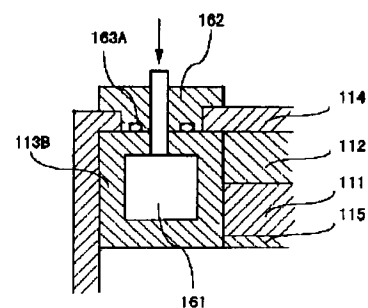
【図 4】

【図 4】



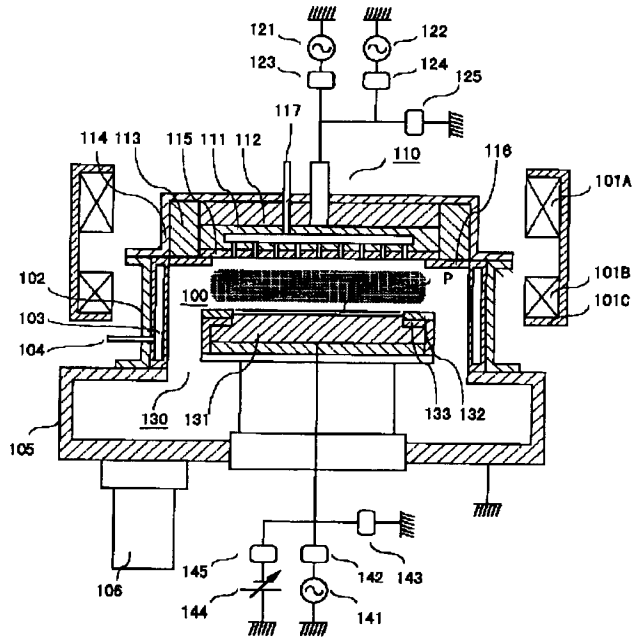
【図 5】

【図 5】



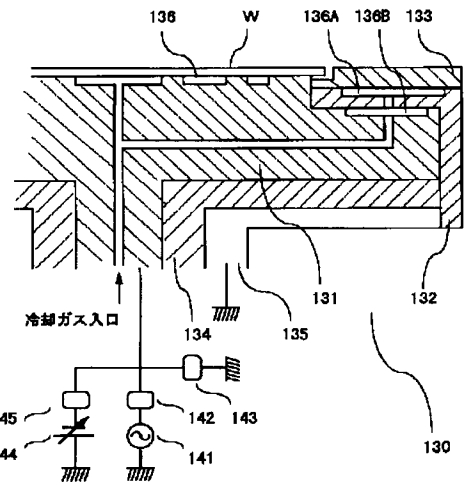
【図1】

【図1】



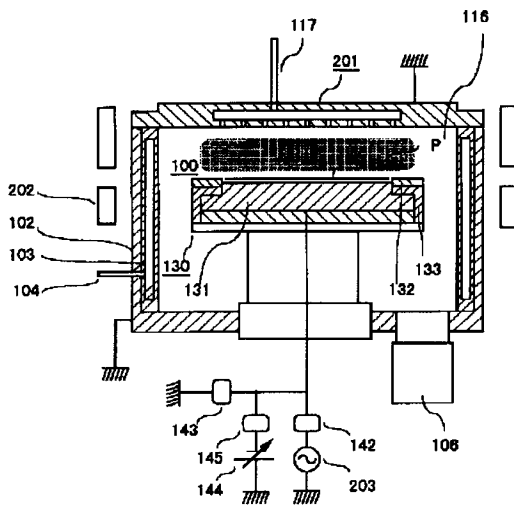
【図2】

【図2】



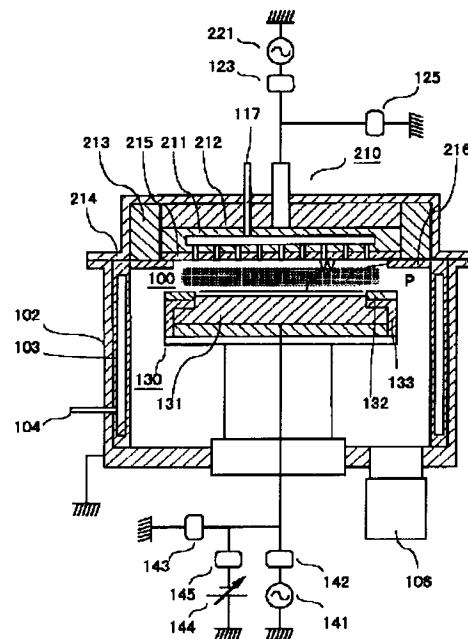
【図6】

【図6】



【図7】

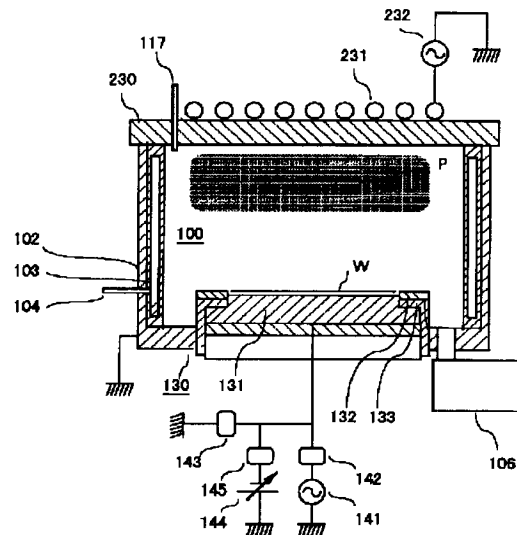
【図7】





【図 8】

【図 8】



## 【手続補正書】

【提出日】平成 1 1 年 8 月 9 日

## 【手続補正 1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

## 【補正内容】

【書類名】明細書

【発明の名称】プラズマ処理装置及びプラズマ処理方法

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】真空処理室と、プラズマ発生装置と、処理室内にガスを供給する処理ガス供給手段と、該真空処理室内で処理される試料を保持する電極と、該真空処理室を減圧する真空排気系とを有するプラズマ処理装置において、

前記処理ガスにプラズマ放電により重合膜が形成される組成のガスを含み、

前記処理室内でプラズマ放電により前記処理ガスをプラズマ化し、

前記処理室内壁面に重合膜を形成させることを特徴とするプラズマ処理装置。

【請求項 2】請求項 1 に記載のプラズマ処理装置において、

前記処理室内壁面に形成された重合膜の成長を抑制する処理プロセスを含むことを特徴とするプラズマ処理装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、プラズマ処理装置および処理方法に係り、特に半導体製造工程における微細なパターンを形成するのに好適なプラズマ処理装置およびプラズマ処理方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】半導体製造工程では、たとえば成膜、エッチング、アッシングなどの微細加工プロセスで、プラズマ処理装置が広く用いられている。プラズマ処理によるプロセスは、真空チャンバー（リアクタ）内部に導入されたプロセスガスをプラズマ発生手段によりプラズマ化し、半導体ウエハ表面で反応させて微細加工を行うとともに、揮発性の反応生成物を排気することにより、所定の処理を行うものである。

【0003】このプラズマ処理プロセスでは、リアクタ内壁やウエハの温度、あるいは内壁への反応生成物の堆積状態がプロセスに大きな影響を及ぼす。また、リアクタ内部に堆積した反応生成物が剥離すると、発塵の原因となって、素子特性の劣化や歩留まりの低下につながる。

【0004】このため、プラズマ処理装置においては、プロセスを安定に保ちかつ異物の発生を抑制するために、リアクタ内部の温度や表面への反応生成物の堆積を制御することが重要である。

【0005】たとえば、特開平 8-144072 号公報には、シリコン酸化膜のドライエッチング工程における選択比を向上させる目的で、リアクタ内部の各部の温度

を、エッチングステージの温度よりも150℃以上高い150℃以上300℃以下（望ましくは200℃以上250℃以下）の高温度値に±5℃以内の精度で制御保持するドライエッチング装置が記載されている。このようにリアクタ内面各部の温度を高温に加熱制御することで、リアクタ内面へのプラズマ重合物の付着量が減少し、半導体ウエハ上へのプラズマ重合物の付着量が増加して、選択比が向上する。

【0006】また、特開平5-275385号公報には、平行平板型のプラズマ処理装置において、クランプリング（被処理体保持手段）、フォーカスリング（プラズマ集中手段）の少なくとも一方に、プラズマ処理により生じる反応生成物が付着しない温度に昇温・維持させる加熱手段を設けた装置が記載されている。加熱手段としては抵抗発熱体を用いている。加熱により反応生成物の付着が防止できるので、反応生成物の剥離や、被処理体表面へのパーティクルの付着が低減される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記のように、プラズマ処理装置では、チャンバー内壁面の温度や内壁表面への反応生成物の堆積の制御が重要である。

【0008】しかしながら、チャンバー内壁面、特に広い面積をもつ側壁面の温度を200℃～250℃程度以上の高温に設定すると、エッチング特性が内壁表面の温度に非常に敏感となり、プロセスの再現性・信頼性が低下しやすいという問題がある。

【0009】たとえば、S.C. McNevin, et al., J. Vac. Sci. Technol. B 15(2) Mar/Apr1997, p.21, 'Chemical challenge of submicron oxide etching' には、誘導結合型のプラズマにおいて、側壁温度が200℃から170℃に変化すると酸化膜エッチレートの5%以上増加することが示されている。この理由としては、側壁温度の低下により、より多くの炭素が壁に吸着するようになり、ウエハ上への炭素の堆積が減少して、酸化膜エッチレートが増加したものと推測されている。このように、特に高密度プラズマでは、高温領域でプラズマがリアクタ内壁と強く相互作用するために、リアクタ内部の温度バランスの変化により、内壁表面への反応生成物の堆積や表面の組成変化が急速に進んで、エッチング特性の変化としてあらわれることになる。

【0010】さらに、高温領域では、上記のプラズマと内壁との相互作用が、温度変化に対して非常に敏感となる。たとえば、内壁面材料としてSiO<sub>2</sub>を用いた場合、SiO<sub>2</sub>のF原子によるエッチレートと壁温の間の熱力学的関係式が報告されており、(D. L. Flamm, et al., J. Appl. Phys., 50, p.6211 (1979))、この関係式を150℃以上の温度領域に適用すると、壁温度が200℃から250℃以上では、エッチレートが指数関数的に急激に増加していく。

【0011】従って、このような高温領域では、温度制

御は、たとえば±5℃以内と高い精度が要求される。しかしながら、内壁面は高密度なプラズマにさらされるわけであるから、壁面の温度をこのような高温領域で高精度に制御するのは容易ではない。また、これを実現するには、温度制御に、温度検出手段とヒータやランプなどの加熱手段を用いることになるが、温度制御の機構・手段がおおがかりになってしまう。さらに、このような高温領域では内壁面には反応生成物は堆積しないので、壁面はプラズマによりエッチングされて消耗する。したがって、内壁面の部品を定期的に交換する必要があり、消耗品のコスト上昇につながる。また、加熱に大きなエネルギーを要するので、エネルギー消費の観点からも好ましくない。

【0012】同様な問題は、ウエハや電極周囲のリングの加熱についてもあてはまる。リングを加熱して昇温することで反応生成物の付着は防止できるものの、抵抗発熱体などの加熱機構は装置構成を複雑にさせる。また、反応生成物の付着は防止できても、リングや内壁表面がプラズマでエッチングされて消耗すると、構成材料そのものが新たな発塵源となるおそれがある。さらにリングや内壁面の部品が消耗するとこれらを定期的に交換する必要があり、装置のランニングコスト上昇につながる。

【0013】こうした課題を解決するひとつの方法が、チャンバー内壁面をポリマーによる表面コーティング層で保護することである。たとえば、特開平7-312363には、ワークピース（被加工物）の支持台の温度をチャンバーの壁面よりも高い状態で維持して、チャンバー内壁面に表面コーティング層を形成させるプラズマエッチング装置が記載されている。そして、コンタミナント粒子をポリマーフィルム内に捕獲して蓄積することで、反応生成物によるコンタミナントのチャンバ内への残留蓄積を低減するとされている。

【0014】しかしながら、この場合には壁面の保護を目的とするものではなく、コンタミナント粒子の捕獲が目的である。また、チャンバー内壁面に表面コーティング層を形成させる際の温度は、ワークピース（被加工物）よりも5℃以上低い値と記述されているのみであり、温度の範囲と制御の精度については考慮がなされていない。また、圧力範囲も数百mtorr（数10Pa）の高圧力のレンジである。しかしながら、膜の堆積温度は、膜の組成や質を変化させ、膜の剥離強度や異物発生に影響すると推測される。また、堆積膜の温度変動は、熱膨張と収縮の繰り返しによりクラックの発生や剥離につながって、異物の原因となると予測され、温度制御の精度は重要な因子である。また、数十mtorr以下（数Pa以下）の圧力範囲では、高イオンエネルギー化や分子の平均自由行程が長くなることで、膜堆積状況が異なると考えられる。さらに、上記の公知例ではコンタミナントをとりこんだコーティング層をプラズマ処理チャンバー壁面から除去する必要があり、これが装置のスループット

や消耗品コストに直接影響するが、この点については考慮がなされていない。

【0015】本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであり、リアクタ内部の温度と反応生成物の堆積を制御することにより、エッチング特性に経時的な変化を生じさせることなく、プロセスの再現性・信頼性を、長期間にわたってかつ低コストで維持できるプラズマ処理装置を提供することを目的とする。

【0016】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、前記の課題について鋭意研究を重ねた結果、リアクタ内の圧力が数Pa以下の領域で、リアクタ内壁面の温度をウエハよりも十分低い温度で、しかも一定温度に制御したときに、内壁面に強固な堆積膜であるコーティング膜が形成されることを見出した。さらに詳細な分析の結果、このコーティング膜は、膜形成時の温度が低いほどポリマー重合が進んでいること、および膜形成時の温度を一定に制御することでしっかりした層状の構造が形成されること、したがって膜表面の剥離や損傷がみられず発塵の原因とはならないことを知見した。

【0017】本発明は、次に掲げる装置を提供する。

【0018】本発明は、真空処理室と、プラズマ発生装置と、処理室にガスを供給する処理ガス供給手段と、該真空処理室内で処理される試料を保持する電極と、該真空処理室を減圧する真空排気系とを有するプラズマ処理装置において、前記処理ガスにプラズマ放電により重合膜が形成される組成のガスを含み、前記処理室内でプラズマ放電により前記処理ガスをプラズマ化し、前記処理室内壁面に重合膜を形成させることを特徴とするプラズマ処理装置を提供する。

【0019】本発明は、更に前記処理室内壁面に形成された重合膜の成長を抑制する処理プロセスを含むことを特徴とするプラズマ処理装置を提供する。

【0020】本発明によれば、プラズマ放電により処理ガスの一部が重合して、処理室内壁面のプラズマに接する部分あるいは部品の表面に、ポリマーによる堆積層が形成される。そして、リアクタ内壁面の温度をウエハよりも十分低い温度で一定温度に制御することで、この堆積層のポリマー重合が進んでしっかりした層状の構造を形成することが可能となる。したがって内壁面がプラズマによりエッチングされて消耗することがないので、内壁面の部品交換の頻度が低減でき、ランニングコスト低下が可能となる。また、この堆積層は、膜の組成が緊密であるので、プラズマにさらされても、表面に剥離や損傷が生じないので、発塵の原因とはならない。

【0021】また、チャンバー内壁面の温度をウエハよりも低い温度領域に設定しているので、内壁面を200℃以上の高温領域に設定した場合に比べて、プラズマと内壁面との相互作用が弱く、しかも温度変化に対して敏感とならない。このため、プロセスの再現性・信頼性が

長期間にわたって低下しにくく、また温度制御の精度もたとえば±10℃以内でよく、温度制御に複雑な機構を用いることなく比較的容易に実現することが可能となる。

【0022】また、内壁面に所定の値を超える重合膜が形成された場合にはこの膜を除去する必要がある。この膜除去プロセスをクリーニングではなく、装置を大気開放して重合膜が形成された処理室内壁面の構成部品を交換して装置は再び稼働させ、膜の除去はチャンバから取り出した後にウェットクリーニングなどでex-situに行って内壁面を再生することで、装置の不稼働時間を低減してスループットを低下させないとともに、部品の再生と繰り返し使用により消耗品コストを低減できる効果がある。また、処理中に重合膜の成長を抑制するプロセスを加えることで、装置の開放と清掃までの時間を延ばすことができる。

【0023】一方、本発明のさらに他の特徴によれば、リアクタ内部において、ウエハよりも十分に低い領域での温度制御が困難な部分あるいは構成部品については、その少なくとも一部分にバイアスが印加される構造を設け、かつ部品全体の熱容量を十分に小さくすることにより、ヒータやランプなどの複雑な機構を用いることなく部品全体が高温領域に制御できるので、反応生成物の過剰な堆積を抑制して反応生成物の剥離にともなう異物発生を低減できる。また、部品の表面積を小さくすることで、温度や表面状態が変動してもプロセスへの影響を抑制できる。さらに、上記の構成部品に印加されるバイアスの程度を調整して、温度を100℃以上250℃以下、望ましくは150℃以上200℃以下の範囲に設定することにより、およそ250℃以上の高温領域に設定した場合に比べて温度変化に対して敏感ではないので、構成部品の温度変動がプロセスに対して実質的に影響しないレベルに小さくできる利点がある。

【0024】本発明のさらに他の特徴によれば、処理室内でプラズマに接する構成部品の温度を、赤外線照射とガス熱伝達を用いて、より能動的に高温領域で高精度に制御できるので、反応生成物の過剰な堆積を抑制して反応生成物の剥離にともなう異物発生を低減できるとともに温度や表面状態の変動を抑制してプロセスに対する影響を抑制できる。さらに、温度を100℃以上250℃以下、望ましくは150℃以上200℃以下の範囲で±10℃以内の精度で、制御することにより、およそ250℃以上の高温領域に設定した場合に比べて、温度変化に対して敏感ではないので、構成部品の温度変動がさらに微細なプロセスに対しても実質的に影響しないレベルに小さくできる利点がある。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例について、図面に基づいて説明する。図1は、本発明を、有磁場UHF帯電磁波放射放電方式のプラズマエッチング装置へ

適用した実施例を示すもので、当該プラズマエッチング装置の断面模式図である。

【0026】図1において、処理室100は、10<sup>-6</sup>Torr程度の真空度を達成可能な真空容器であり、その上部にプラズマ発生手段としての電磁波を放射するアンテナ110を、下部にはウエハなどの試料Wを載置する下部電極130を、それぞれ備えている。アンテナ110と下部電極130は、平行して対向する形で設置される。また、処理室100の周囲には、電磁コイル101A、101B、ヨーク101Cからなる磁場形成手段101が設置されており、所定の分布と強度をもつ磁場が形成される。そして、アンテナ110から放射される電磁波と磁場形成手段101で形成される磁場との相互作用により、処理室内部に導入された処理ガスをプラズマ化して、プラズマPを発生させ、試料Wを処理する。

【0027】処理室100の側壁102には、側壁内面の温度を制御するジャケット103が交換可能に保持される。そして、ジャケット103の内部には熱媒体供給手段104から熱媒体が循環供給されて温度が制御される。ジャケットの温度は、0℃～100℃、望ましくは20℃～80℃の範囲で、±10℃以内の精度で制御される。一方、処理室100は、真空室105に接続された真空排気系106により真空排気されて、処理室100の内部が0.1Pa以上10Pa以下、望ましくは0.5Pa以上4Pa以下の所定の処理圧力に調整される。処理室100および真空室105はアース電位となっている。処理室100の側壁102、ジャケット103は重金属を含まず熱伝導性のよいたとえばアルミニウムなどの非磁性金属材料として、表面に耐プラズマ性のアルマイトなどの表面処理を施してもよい。

【0028】電磁波を放射するアンテナ110は、円板状導電体111、誘電体112、誘電体リング113からなり、真空容器の一部としてのハウジング114に保持される。また、円板状導電体111のプラズマに接する側の面にはプレート115が設置され、さらにその外周にリング116が設置される。試料のエッチング、成膜等の処理を行なう処理ガスは、ガス供給手段117から所定の流量と混合比をもって供給され、円板状導電体111とプレート115に設けられた多数の孔を通して、所定の分布に制御されて、処理室100に供給される。

【0029】円板状導電体111には、アンテナ電源121、アンテナ高周波電源122が、それぞれマッチング回路・フィルタ系123、124を介して接続され、またフィルタ125を通してアースに接続される。アンテナ電源121は、望ましくは300MHzから900MHzのUHF帯周波数の電力を供給し、アンテナ110からUHF帯の電磁波が放射される。一方、アンテナ高周波電源122は、円板状導電体111に、たとえば100kHz程度の低周波、あるいは数MHzから10MHz程度の高周波のバイアスを印加することで、円板状導電体111に接するプレート

115の表面での反応を制御する。プレート115はウエハと対向しているので、処理プロセスにもっとも大きく影響するが、この面にバイアスを印加して反応生成物を堆積させないことで、装置プロセスが安定化する。また、たとえば、CF系のガスをを用いた酸化膜エッチングにおいて、プレート115の材質を、高純度のシリコンやカーボンなどとするすることで、プレート115の表面でのFラジカルやCF<sub>x</sub>ラジカルの反応を制御して、ラジカルの組成比を調整する。プレート115の下面とウエハWの距離（以下、ギャップと呼ぶ）は、30mm以上150mm以下、望ましくは50mm以上120mm以下とする。

【0030】円板状導電体111は、図示しない温度制御手段、すなわちその内部を循環する熱媒体により温度が所定の値に維持され、円板状導電体111に接するプレート115の表面温度が制御される。リング116は、アンテナ高周波電源122によるバイアスで加熱されて温度制御されるが、これについては後に詳しく述べる。

【0031】処理室100の下部には、アンテナ110に対向して下部電極130が設けられている。下部電極130には、400kHzから13.56MHzの範囲のバイアス電力を供給するバイアス電源141がマッチング回路・フィルタ系142を介して接続されて試料Wに印加するバイアスを制御するとともに、フィルタ143を介してアースに接続される。

【0032】下部電極130は、静電吸着装置131により、その上面、すなわち試料載置面にウエハなどの試料Wを載置保持する。静電吸着装置131は、その上面に静電吸着用誘電体層（以下、静電吸着膜と略称する）が形成されている。そして、静電吸着用の直流電源144とフィルタ145により数100V～数kVの直流電圧を印加して、静電吸着膜を介して試料Wと静電吸着装置111との間に作用するクーロン力を発生させて、試料Wを下部電極130上に吸着・保持する。静電吸着膜としては、たとえば酸化アルミニウムや酸化アルミニウムにチタン酸化物を混合した誘電体を用いる。

【0033】さらに、試料Wは、その表面反応を制御するために、図示しない温度制御手段によりその表面温度が所定の温度に制御される。このために、下部電極130には、静電吸着装置131と試料Wの間の熱伝達性を高めるために、不活性ガス、たとえばHeガスが所定の流量と圧力に設定されて供給されている。これにより、ウエハの温度は、最高でおよそ100℃～110℃以下の範囲に制御される。

【0034】また、静電吸着装置131の上面の試料Wの外側部には、試料台リング132が設けられている。試料台リング132には、SiCなどのセラミクスやカーボン、シリコン、石英材料を用いる。試料台リング132は、アルミナなどの絶縁体133で、静電吸着装置

131と絶縁される。さらに、試料台リング132に絶縁体133を介してバイアス電源141からのバイアス電力を一部漏洩させて加えることで、試料台リング132へのバイアス印加を調整して、その表面での反応を制御することも可能である。たとえば、CF系のガスを用いた酸化膜エッチングにおいて、試料台リング132の材質を高純度のシリコンとすれば、シリコンのスカベンジ作用により試料台リング132の表面でのFラジカルやCF<sub>x</sub>ラジカルの反応を調整して、特にウエハ外周部でのエッチング均一性を向上することができる。試料台リング132は、バイアスにより加熱されるとともに、伝熱ガスにより冷却されて、温度制御されるが、これについては後に詳しく述べる。

【0035】本実施例によるプラズマエッチング装置は以上のように構成されており、このプラズマエッチング装置を用いて、たとえばシリコン酸化膜のエッチングを行う場合の具体的なプロセスを、図1を用いて説明する。

【0036】まず、処理の対象物であるウエハWは、図示していない試料搬入機構から処理室100に搬入された後、下部電極130の上に載置・吸着される。そして、必要に応じて下部電極の高さが調整されて所定のギャップに設定される。ついで、処理室100内は真空排気系106により真空排気されていく。一方、試料Wのエッチング処理に必要なガス、たとえばC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>とArが、ガス供給手段117から、所定の流量と混合比、たとえばAr流量300sccm、C<sub>4</sub>F<sub>8</sub>流量9sccmをもって、アンテナ110のプレート115から処理室100に供給される。同時に、処理室100は真空排気系106により排気され、処理室100の内部が所定の処理圧力、例えば1Paになるように調整される。他方、磁場形成手段101により、所定の分布と強度の磁場が形成される。そして、アンテナ電源121によりアンテナ110からUHF帯の電磁波が放射され、磁場との相互作用により処理室100内にプラズマPが生成される。このプラズマPにより、処理ガスを解離させてイオン・ラジカルを発生させ、さらにアンテナ高周波電源122、バイアス電源141を制御して、ウエハWにエッチング等の処理を行う。そして、エッチング処理の終了とともに、電力および処理ガスの供給を停止してエッチングを終了する。

【0037】さて、本実施例におけるプラズマ処理装置は上記のように構成されているが、リアクタ内各部、特に側壁103の内面およびリング116、試料台リング132の温度制御および反応生成物の堆積制御について、具体的に説明していく。

【0038】まず側壁103について、図1により説明する。すでに説明したように、処理室100の側壁102の内側にはジャケット103が保持され、熱媒体により温度制御が可能となっている。

【0039】本発明者らは、酸化膜エッチングを対象に、処理ガスとしてC<sub>4</sub>F<sub>8</sub>とArの混合ガス系を用いて圧力2Paで実験した結果、リアクタ内壁面の温度をウエハ温度（およそ100℃程度）よりも十分低い温度である25℃から80℃の範囲で±10℃以内の精度で一定温度に制御したときに、内壁面に強固なコーティング膜が形成されることを見出した。このような数十mTorr以下（数Pa以下）の圧力範囲ではエネルギーの高いイオンが増加するので、膜堆積におけるイオンアシストの効果が高まって、緊密な膜が形成されると考えられる。堆積膜の状況は、側壁温度が低いと緻密で強固な膜が形成され、側壁温度が高いとやや粗い構造であった。この膜質変化を定量的に明らかにするために、側壁温度25℃、50℃、80℃で堆積した膜の組成（元素濃度比）をXPS（X線光電子分光法）で分析したところ、次のような結果であった。

【0040】

| 側壁温度 | C (%) | F (%) | C/F比 |
|------|-------|-------|------|
| 25℃  | 45.6  | 51.1  | 0.89 |
| 50℃  | 43.9  | 53.8  | 0.82 |
| 80℃  | 40.6  | 58.2  | 0.70 |

この結果からも明らかなように、側壁温度が低いほどカーボンリッチな膜質となっている。また、ここでは示していないが、C1sピークの分析から、側壁温度が低いほどカーボン同士の結合が進んでおり、ポリマー重合が進んでいることもわかっている。これが、マクロには緻密で強固な膜として観察されたと推測できる。

【0041】またこの実験時には、側壁面の温度は±10℃以内の精度で制御されているので、膜の堆積中に温度変動にともなう内部応力が発生せず、膜構造が緻密になると予測される。電子顕微鏡による観察の結果、しっかりした層状の構造が形成されていることを確認した。この膜はきわめて緊密で強固であり、デポ堆積加速試験で試験的におよそ200ミクロンの膜厚にまで堆積させても、テープ剥離や摩擦試験による膜のはがれは観察されなかった。さらに、この膜はプラズマに対しても高い耐性を示しており、プラズマ処理によっても膜表面の剥離や損傷がみられず、発塵の原因とはならないことを知見した。

【0042】このように、リアクタ内壁面の温度をウエハ温度よりも十分低い温度で一定に制御することで、内部に熱応力の発生しない強固な堆積膜をリアクタ側壁内面に形成することができる。この膜は十分な耐プラズマ性を有しており、反応生成物の剥離や試料表面へのパーティクルの付着が低減するので、リアクタ内壁の保護膜として作用する。したがって、側壁は消耗したり損傷したりしないので、側壁の部品交換の頻度が低減でき、ランニングコストの低下につながる。また、側壁が堆積膜で保護されるので、耐プラズマ性の高いSiCなどのセラミクスを使う必要がなく、部品コストの低減が可能と

なる。また、特に側壁温度を常温～約 50℃程度の範囲で制御すれば、側壁の加熱のためのエネルギーが少なくすむので、省エネルギーにもつながる効果がある。側壁材料としては、重金属を含まずかつ熱伝導性のよい金属、たとえばアルミを用いればよい。

【0043】なお、堆積膜が存在しない初期状態では、アルミが露出しているために、プラズマからダメージを受けて表面が変質する可能性がある。そこでこれを防止するために、表面に高分子材料をコーティングしてもよい。あるいは、アルミ表面をたとえばアルマイト処理して、さらに、アルマイト処理で生じた微細な孔を高分子材料で封孔処理をしてもよい。もちろん、この封孔処理はアルミのアルマイト処理に限らずに適用できる。このように、高分子による膜をアルミ表面と堆積膜との界面に介在させることで、アルミ表面と堆積膜との密着性をまして、堆積膜を剥離させにくくする効果もある。また、プロセスによっては、膜が過剰に堆積する場合もありうるが、この場合は、ウエハ処理後に短時間のプラズマクリーニングを併用して膜の堆積を制御することで、膜の厚みを一定に保ってもよい。

【0044】次に、試料台リングについて説明する。すでに図1の実施例で説明したように、試料台リング132は、バイアス印加によりその表面での反応を制御することで、特にウエハ外周部でのエッチング特性を均一にできる。このとき、試料台リング132はバイアスにより加熱されるが、その表面における反応と膜の堆積を制御するために、印加バイアスと温度を制御する必要がある。しかも、静電吸着装置131を組込んだ下部電極に複雑な機構を組み込むことなく、印加バイアスならびに温度の制御が可能であることが望ましい。これは、漏洩バイアスの制御とバイアスによる加熱およびガス伝熱による冷却のバランスにより具現化できる。この実施例を、図2に示す下部電極130の断面図（右側半分）により説明する。

【0045】下部電極130は、試料Wを静電吸着装置131により保持する。静電吸着装置131は、絶縁体134によりアース135と絶縁される。本実施例では、試料台リング132を、静電吸着装置131に対して絶縁体133を介して設置することにより、バイアス電源141から供給されるバイアス電力の一部を漏洩させて加える構造としている。印加されるバイアスは、絶縁体133の厚みや材質により調整できる。このようなバイアス印加構造とすることにより、下部電極130の内部で試料台リング132への配線構造を設けたり、試料台リング132に別のバイアス電源を接続したりする必要がない。

【0046】また、静電吸着装置131は、温調用熱媒体の循環（図示していない）により、所定の温度に維持されている。そして、試料Wと静電吸着装置131の表面の間には、伝熱用ガス（例えばHeガス等）の流路1

36が形成され、伝熱用ガスが導入されることで熱伝導が良好に保たれる。ここで、本実施例では、試料台リング132、絶縁体133、静電吸着装置131の間にも伝熱用ガスの流路136A、136Bが形成される。そして、ウエハ冷却用伝熱ガスの一部が導入されて、接触部での熱伝導が良好に保たれる。このため、試料台リング132は、所定の温度に維持された静電吸着装置131との間の熱伝達が良好に保たれて、温度が安定に保たれる。この結果、試料台リング132へのバイアス印加による温度変動が抑制され、試料台リング132における表面反応や試料の処理特性が安定化できる。また同時に、バイアスによる加熱とイオンアシストにより反応生成物の堆積が防止できるので、反応生成物の剥離や、試料表面へのパーティクルの付着が低減される。

【0047】このように、試料台リングは、漏洩バイアスの印加とバイアスによる加熱とガス伝熱による冷却のバランスにより、簡単な構造で表面反応や温度と膜堆積の制御が可能となり、処理の長期安定化と異物の低減を図ることができる。

【0048】なお、本実施例では、伝熱用ガスにより熱伝達を確保したが、たとえば熱導電性シートなど、他の熱伝達手段を用いてもよい。

【0049】次に、アンテナ110について説明する。すでに図1の実施例で述べたように、円板状導電体111にはアンテナ高周波電源122が接続されて100kHz程度または数MHzから10MHz程度のバイアスが印加される。また、円板状導電体111の温度は熱媒体により所定の値に維持される。したがって、円板状導電体111に接するプレート115は、バイアスが印加されるとともにその表面温度も制御される。プレート115はウエハと対向しているので、処理プロセスにもっとも大きく影響するが、この面にバイアスを印加して反応生成物を堆積させず、さらにプレートの材質に高純度のシリコンを用いてスカベンジ作用による表面反応を用いることで、プロセスを安定化することができる。

【0050】一方、プレート115の外周部のリング116は、プレート115と同様にアンテナ高周波電源122によるバイアスで加熱し、さらにリング116の熱容量を小さくすることで温度変化の応答性を高めている。これを図3を用いて説明する。

【0051】図3は、リング116の温度制御方法を示した実施例である。本実施例では、リング116の形状を薄くして、かつプレート115にその一部分がかかり、かつ誘電リング113やプレート115との熱的な接触が少なくなるように構成されている。この場合、プレート115にアンテナ高周波電力を印加すると、プレート115へのバイアスにより、イオンが図中の矢印のようにリング116の表面に引き込まれる。本実施例では、ヒータやランプなどの加熱機構を用いていないので、機構が複雑にならない利点がある。

【0052】リング116のバイアス印加部分の幅 $w$ は、バイアスによる加熱が効率よく行えるように、たとえば10mm以上とする。リング116の厚みは、バイアスで有効に加熱されるためにはたとえば6mm以下、望ましくは4mm以下とする。このように薄い形状とすることで、リング116の熱容量が小さくなる。この結果、リング全体をおよそ100℃以上250℃以下、望ましくは150℃以上200℃以下に加熱することが可能となる。この結果、反応生成物の堆積が抑制されて、反応生成物の剥離にともなう異物発生を低減できる。また、この温度範囲では、およそ250℃以上の高温領域に比べて表面反応の変化が温度変化に対して敏感ではないので、構成部品の温度変動がプロセスに対して実質的に影響しないレベルに小さくできる利点がある。

【0053】リング116の厚みは、デポ膜の堆積を抑制でき、しかもリング表面がイオンでスパッタされて消耗しないように、アンテナバイアスのパワー・周波数、リング116の材質、リング116への反応生成物の堆積速度などとのバランスで決定される。また、図中に示したように、バイアスが印加される部分以外は厚みを薄くして、リング全体の熱容量をさらに小さくしてもよい。このように、リング116の熱容量を小さくすることで、処理の初期段階の短い時間で応答性よく温度が上昇するので、処理特性への影響が小さい。また、リング116の内径 $d$ は、試料の直径よりも大きいことが望ましい。リアクタの内径は試料の1.5倍程度になるから、試料径300mmの場合は、リングの幅 $s$ はおおよそ50mmから70mmとなり、その表面積はリアクタ内壁面全体に対してたとえば20%以下と十分に小さくなる。このように、部品の表面積を小さくすることで、温度や表面状態が変動してもプロセスへの影響を抑制できる。しかもリング116はウエハよりも外周部に位置しているので、そのプロセスへの影響はさらに小さくなる。

【0054】ところで、上記の実施例は、プラズマによる受動的な加熱であるため、ある程度の温度変動は避けられない。この変動は現状のプロセスでは影響が顕在化しなくても、処理プロセスの微細化により、エッチング特性に影響を及ぼす可能性があり、この場合にはランプやヒータなどによる積極的な温度制御機構が必要となる。図4には、ランプ加熱による温度制御機構の実施例を示す。

【0055】本実施例においては、誘電体リング113Aの一部が、上記リング116と同様の構造116Aでバイアスが印加できるように構成されており、さらに誘電体リング113Aのプラズマに近い側に、赤外光・遠赤外光を吸収するたとえばアルミナ薄膜などの赤外吸収体151が形成されている。そして、赤外線放射手段152から赤外光・遠赤外光が放射され、赤外透過窓153、誘電体リング113Aを通過して、赤外吸収体15

1で吸収され、リング116を加熱する。赤外吸収体151は赤外線により遠隔的に加熱できるので、赤外線吸収体151を誘電体リング113Aのプラズマに近い側に設置することで、誘電体リング123のプラズマにさらされる表面の温度をより高精度に制御することが可能となる。また、加熱機構に赤外線の吸収を用いているため、発熱抵抗体による加熱に比べて応答性がよい利点がある。さらに、バイアス印加部116Aにより、誘電体リング113Aはバイアスによっても加熱されるので、温度の応答性が向上する。

【0056】一方、赤外線放射手段152はホルダ154に設置されるが、ホルダ154と誘電体リング113Aの間には隙間が設けられ、その隙間にガス供給手段155を通して、温度制御用の伝熱ガスが供給される。伝熱ガスは、真空封止手段156A、156Bで封止される。このガス伝熱により、誘電体リング113Aはホルダ154を通して放熱される。したがって、たとえば処理開始時にはバイアスとランプにより加熱し、処理中にはガス伝熱により放熱させることで、温度制御の精度が向上する。この結果、誘電体リング123の温度をおおよそ100℃から250℃、望ましくは150℃から200℃の範囲で $\pm 5 \sim 10$ ℃程度の精度で制御できる。この温度では、膜の堆積が減少するため、膜の剥離による異物発生が抑制される。また、誘電体リング113Aの表面状態が温度に対して依存性が大きくない領域であるので、表面状態が変化せず、長期的に安定したプラズマ処理が可能となる。

【0057】上記の図3、図4の実施例はいずれも、プラズマに接するリング116、誘電体リング113Aを加熱して膜の堆積を減少させるものであったが、プラズマに接するリングを、図1で説明した側壁内面と同様に、ウエハ温度よりも低い温度に一定に制御して安定な堆積膜を形成することも可能である。図5は、この実施例を示し、誘電体リング113Bを、冷媒による温度制御で20℃～100℃程度の範囲で制御するものである。

【0058】この実施例では、誘電体リング113Bに設けられた冷媒流路161に、熱媒体供給手段162から温度制御用の冷媒が供給される。冷媒は、封止手段163で封止される。誘電体リング113Bの温度は、図示していない温度コントローラや温度検出器により、所定の値に維持する。このような構成により、プラズマ処理時に、誘電体リング113Bの温度を20℃～100℃程度の範囲に維持することができる。このため、誘電体リング123の表面に安定した強固な反応生成物の膜が堆積するので、誘電体リング123の表面が削られて消耗することはない。また、プロセスによって膜が過剰に堆積する場合は、プラズマクリーニングを併用して、膜を一定の厚みに保ってもよい。

【0059】なお、前記の各実施例は、いずれも有磁場



UHF帯電磁波放射放電方式のプラズマ処理装置の場合であったが、放射される電磁波はUHF帯以外にも、たとえば2.45GHzのマイクロ波や、あるいは数10MHzから300MHz程度までのVHF帯でもよい。また、磁場はかならずしも必須ではなく、たとえば無磁場マイクロ波放電でもよい。さらに、上記以外にも、たとえば磁場を用いたマグネトロン型のプラズマ処理装置や平行平板型の容量結合方式プラズマ処理装置、あるいは誘導結合型のプラズマ処理装置などに、前記の各実施例を適用できる。

【0060】図6は、本発明を、磁場を用いたRIE装置（マグネトロンRIE装置やMagnetically Enhanced RIE装置）に適用した例である。真空容器としての処理室100は、側壁102と、ウエハなどの試料Wを載置する下部電極130と、これに対向して接地される上部電極201を備え、また真空容器内に所定のガスを導入するガス供給手段117と、真空容器内を減圧排気する真空排気系106と、前記下部電極と上部電極の間に電界を発生させる電界発生手段203と、真空容器内に磁界を発生させる磁界発生手段202を備えている。磁界発生手段202は、複数の永久磁石またはコイルが処理室100の外周にリング状に配置され、処理室内部に電極に対してほぼ平行な磁場を形成する。そして、電極間に発生する電界により処理ガスをプラズマ化して、プラズマPを発生させ、試料Wを処理する。さらに、マグネトロンRIEでは、磁界発生手段202により電界とほぼ直交する方向に磁場が形成されるので、電子とプラズマ中の分子・原子との衝突頻度が高まって、プラズマ密度が増加し、高いエッチング特性が得られる。

【0061】本実施例では、図1で述べた実施例と同様に、側壁102に側壁内面の温度を制御するジャケット103が交換可能に保持され、ジャケット103の内部に熱媒体供給手段104から熱媒体が循環供給されて、ジャケットの温度が0℃～約100℃、望ましくは20℃～約80℃の範囲で、±10℃以内の精度で制御される。ジャケット103は、たとえばアルマイト処理を施したアルミニウムで構成する。

【0062】このような構成により、リアクタ内壁面をウエハ温度よりも十分低い温度で一定に制御できるので、リアクタ側壁内面に強固な堆積膜を形成できる。この膜は十分な耐プラズマ性を有しており、リアクタ内壁の保護膜として作用し、反応生成物の剥離や試料表面へのパーティクルの付着が低減する。したがって、側壁は消耗したり損傷したりしないので、側壁の部品交換の頻度が低減でき、ランニングコストの低下につながるとともに、耐プラズマ性の高いSiCなどのセラミクスを使う必要がなく、部品コストの低減が可能となる。

【0063】また、本実施例では、図1、図2で述べた実施例と同様に、試料台リング132に、電界発生手段203から供給されるバイアス電力の一部を漏洩させる構造とし、さらにガス伝熱により冷却することで、試料

台リング132における表面反応や試料の処理特性が安定化できる。また同時に、バイアスによる加熱とイオンアシストにより反応生成物の堆積が防止できるので、反応生成物の剥離や試料表面へのパーティクルの付着が低減される。

【0064】図7は、本発明を、平行平板型プラズマ処理装置に適用した例である。真空容器としての処理室100は、側壁102と、ウエハなどの試料Wを載置する下部電極130と、これに対向する上部電極210、および上部電極210に電力を供給して電極間に電界を発生させる電界発生手段221とを備えている。所定の処理ガスが処理室100内にガス供給手段117より供給され、真空排気系106で真空容器内が減圧排気される。そして、電極間に発生する電界により処理ガスをプラズマ化して、プラズマPを発生させ、試料Wを処理する。上部電極210は、電極板211が絶縁体212、213で絶縁されてハウジング214に保持される。また、電極板211のプラズマに接する側の面にはプレート215が、その外周にはシールドリング216が設置される。シールドリング216は、絶縁体212、213をプラズマから保護すると同時に、試料台リング132と対をなして、プラズマPを処理室100に封じ込めることでプラズマ密度を向上させて、高いエッチング特性を得る。

【0065】本実施例では、図1で述べた実施例と同様に、側壁102の内面の温度がジャケット103により0℃～約100℃、望ましくは20℃～約80℃の範囲で、±10℃以内の精度で制御されるため、耐プラズマ性を有する堆積膜が形成されてリアクタ内壁の保護膜として作用し、パーティクルの低減や側壁の部品交換の頻度の低減が可能となる。また、試料台リング132についても漏洩バイアス印加構造とガス冷却により、表面反応や試料の処理特性が安定化でき、反応生成物の堆積を防止してパーティクル発生が低減される。さらにシールドリング216は、図3の実施例と同様に、その形状が薄く、かつプレート115に対してシールドリング216の一部分がかかり、かつ他部品との熱的な接触が少なくなるように構成されている。このため、プレート115に電力を印加すると、シールドリング216がセルフバイアスによるイオンにより加熱され、反応生成物の堆積が抑制されて、異物発生を低減できる。

【0066】図8は、本発明を、誘導結合型のプラズマ処理装置に適用した例である。真空容器としての処理室100は、側壁102と、ウエハなどの試料Wを載置する下部電極130と、天板230とを備えており、真空排気系106で減圧排気される。天板230の上部には、誘導放電用コイル231が配置され、高周波電源232から高周波電力を供給する。処理ガスはガス供給手段117より供給され、誘導放電用コイル231による誘導放電でプラズマ化されて、プラズマPが発生し、試



料Wを処理する。誘導結合型のプラズマ処理装置では、天井にシリコンを用いてプロセスを安定化させたり、たとえばファラデーシールドや磁場などの手段でプラズマと壁との相互作用を抑制することで、側壁をウエハよりも低温としても高いエッチング特性が安定して得られる。

【0067】本実施例では、図1で述べた実施例と同様に、側壁102の内面の温度がジャケット103により0℃～約100℃、望ましくは20℃～約80℃の範囲で、±10℃以内の精度で制御される。このため、耐プラズマ性を有する堆積膜が形成されてリアクタ内壁の保護膜として作用し、パーティクルの低減や側壁の部品交換の頻度の低減が可能となる。また、試料台リング132についても漏洩バイアス印加構造とガス冷却により、表面反応や試料の処理特性が安定化でき、反応生成物の堆積を防止してパーティクル発生が低減される。

【0068】なお、前記の各実施例は、いずれも処理対象が半導体ウエハであり、これに対するエッチング処理の場合であったが、本発明はこれに限らず、例えば処理対象が液晶基板の場合にも適用でき、また処理自体もエッチングに限らず、たとえばスパッタリングやCVD処理に対しても適用可能である。

【0069】

【発明の効果】本発明によれば、リアクタ内部の温度と壁面の状態を制御することにより、エッチング特性に経時的な変化を生じさせることなく、プロセスの再現性・信頼性を、長期間にわたって低コストで維持できるプラズマ処理装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

\*

＊【図1】本発明の一実施例になる、プラズマエッチング装置の断面模式図である。

【図2】本発明の一実施例である、試料台リングの温度制御方法を示す図である。

【図3】本発明の一実施例である、リングの温度制御方法を示す図である。

【図4】本発明の一実施例である、赤外ランプによるリングの温度の制御方法を示す図である。

【図5】本発明の一実施例である、冷媒によるリングの温度制御方法を示す図である。

【図6】本発明の一実施例になる、有磁場RIEプラズマエッチング装置の断面模式図である。

【図7】本発明の一実施例になる、平行平板型プラズマエッチング装置の断面模式図である。

【図8】本発明の一実施例になる、誘導結合型プラズマエッチング装置の断面模式図である。

【符号の説明】

100…処理室、101…磁場形成手段、102…処理室側壁、103…ジャケット、104…ガス供給手段、105…真空室、106…真空排気系、110…アンテナ、110…円板状導電体、112…誘電体、113…誘電体リング、115…プレート、116…温度制御手段、117…ガス供給手段、121…アンテナ電源、122…アンテナ高周波電源、130…下部電極、131…静電吸着装置、132…試料台リング、133…絶縁体、141…バイアス電源、151…赤外吸収体、152…赤外線放射手段、153…赤外透過窓、155…ガス供給手段、142…静電吸着装置、143…絶縁体、147…冷媒流路、

【手続補正書】

【提出日】平成11年8月10日

【手続補正1】

【補正対象書類名】図面

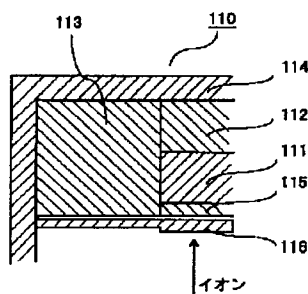
※【補正対象項目名】全図

【補正方法】変更

※【補正内容】

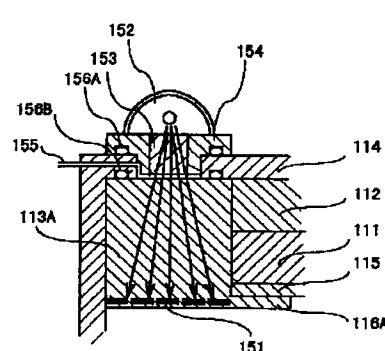
【図3】

【図3】



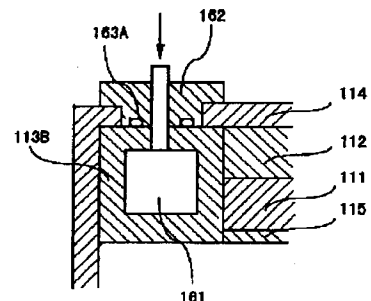
【図4】

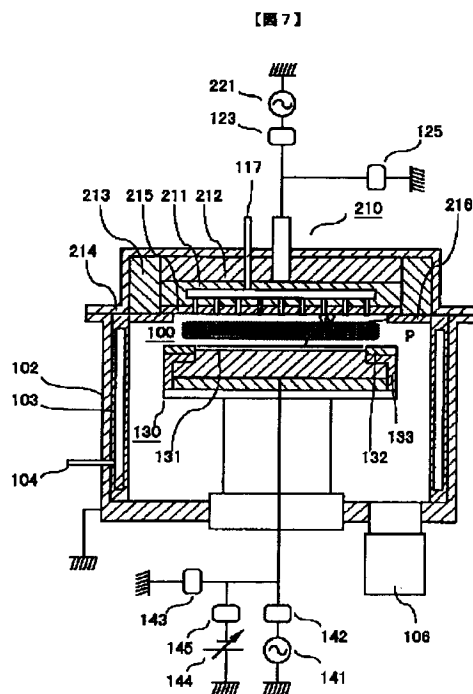
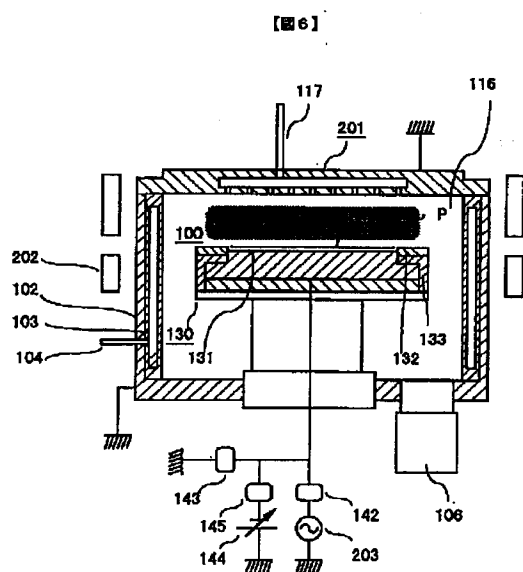
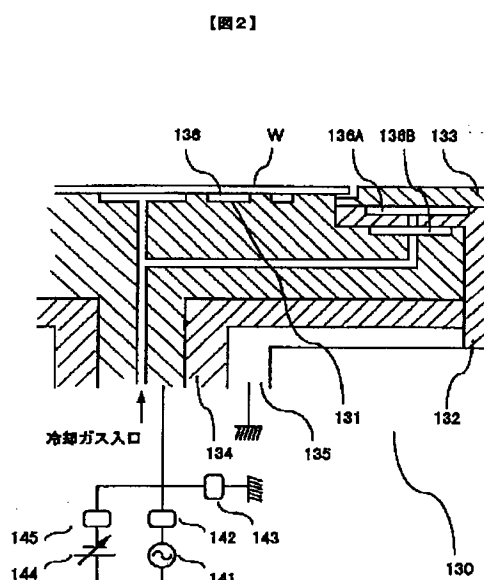
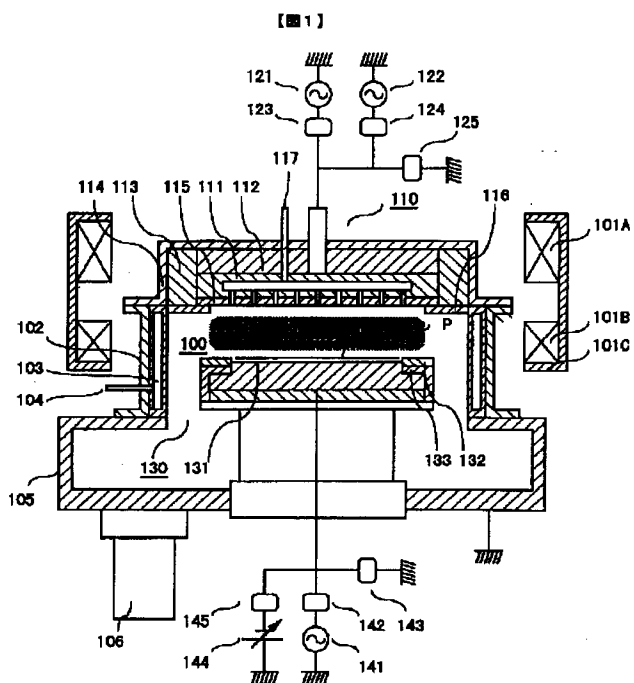
【図4】



【図5】

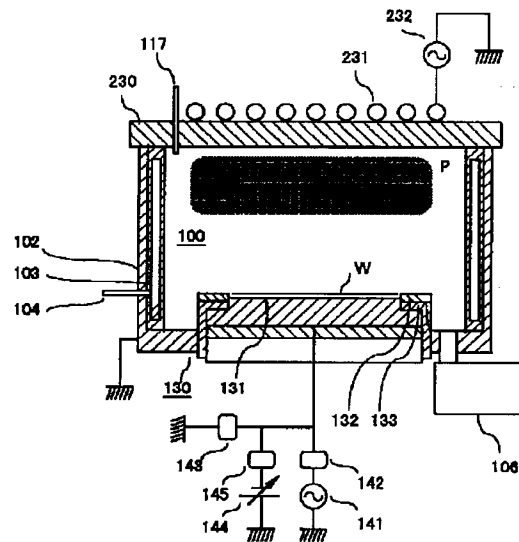
【図5】





【図 8】

【図 8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
// C 2 3 C 14/54

識別記号

F I  
H O 1 L 21/302

B

(72)発明者 加治 哲徳  
山口県下松市大字東豊井794番地 株式会  
社日立製作所笠戸工場内

(72)発明者 金井 三郎  
山口県下松市大字東豊井794番地 株式会  
社日立製作所笠戸工場内